ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUILLET 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PARASITOLOGIE. — *Sur quelques Flagellés d'Insectes obtenus en culture pure et en particulier sur* Crithidia melophagi. Note de MM. **A. Laveran** et **G. Franchini.**

L'étude des *Leishmania*, agents de plusieurs maladies très répandues, ayant conduit à supposer qu'il existait une relation phylogénétique entre ces parasites et les Flagellés d'Insectes, il était indiqué d'entreprendre des recherches expérimentales sur cette question; c'est ce que nous avons fait dès 1913 ([1]).

Pour poursuivre ces recherches dans de bonnes conditions, il était nécessaire d'obtenir des cultures pures des Flagellés d'Insectes. En 1915, nous avons réussi à cultiver *Herpetomonas ctenopsyllæ*, parasite de la puce de la souris, *Ctenopsylla musculi* ([2]). En 1919, nous avons obtenu des cultures pures de *Herpetomonas ctenocephali*, parasite de la puce du chien, *Ctenocephalus canis* ([3]), et de *Crithidia melophagi*, du mélophage du mouton, *Melophagus ovinus*. C'est de ce dernier Flagellé que nous nous occuperons spécialement dans cette Note.

Il est assez facile d'obtenir des cultures pures des *Herpetomonas* des puces dans le milieu de Novy simplifié; les bactéries sont en effet rares ou très

---

([1]) A. Laveran et G. Franchini, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 744; t. 158, 1914, p. 770, et *Soc. de Path. exotique*, 8 juillet 1914. — A. Laveran, *Leishmanioses*, 1917, p. 33-44.

([2]) A. Laveran et G. Franchini, *Soc. de Path. exotique*, 12 mai 1915.

([3]) A. Laveran et G. Franchini, *Soc. de Path. exotique*, 11 juin et 9 juillet 1919.

rares dans le tube digestif de ces insectes, principalement lorsque l'infection par les Flagellés est forte.

Nous avons eu plus de peine à cultiver purement le Flagellé du *Melophagus ovinus* connu sous le nom de *Crithidia melophagi*, ce qui s'explique par le fait que, chez cet insecte, les Flagellés du tube digestif sont toujours mélangés à des bactéries en plus ou moins grand nombre.

La technique suivante nous a donné de bons résultats. Un mélophage du mouton est lavé 5 à 6 fois dans de l'eau physiologique stérilisée, après quoi l'insecte est déposé dans une ou deux gouttes d'eau physiologique citratée. A l'aide d'aiguilles fines on extrait le tube digestif de l'insecte et on le dilacère. On s'assure, par l'examen à l'état frais du liquide, de la présence des Flagellés, et si les bactéries ne sont pas très nombreuses, ce qui arrive d'ordinaire quand l'infection par les Flagellés est forte, on procède à l'ensemencement. On ensemence à la pipette trois tubes du milieu de Novy simplifié qui ont été additionnés d'une solution stérilisée de carbonate de soude à 1 pour 100 dans les proportions suivantes : 1er tube, 2 à 3 gouttes; 2e tube, 3 à 4; 3e tube, 4 à 5, en tenant compte de la quantité d'eau de condensation des tubes. Les tubes sont capuchonnés et conservés à la température du laboratoire ou dans une étuve réglée à 24° ([1]).

En suivant cette technique, nous avons réussi, 2 fois sur 5, à obtenir des cultures pures de *Cr. melophagi*; dès le troisième ou quatrième jour après l'ensemencement, les cultures étaient abondantes; les repiquages ont bien réussi.

Crithidia melophagi se présente sous les aspects suivants dans les cultures.

1° Petites formes, en général sans flagelle, sphériques, de 3µ à 9µ de diamètre, plus souvent ovalaires de 5µ à 10µ de long sur 2µ à 8µ de large; par exception, certains éléments qui n'ont que 3µ de long possèdent un flagelle qui peut atteindre 20µ à 25µ. Après coloration au panchrome, on distingue 1 noyau et 1 centrosome, 2 noyaux et 1 ou 2 centrosomes s'il s'agit d'éléments en voie de division.

2° *Formes moyennes et grandes du type* Crithidia ([2]). — Ces formes qui cons-

---

([1]) L'un de nous a signalé, en 1915, qu'une culture de *Leishmania Donovani* souillée par un champignon a pu être purifiée par l'addition de quelques gouttes d'une solution de soude caustique à 1 pour 100 (*Bulletin de la Soc. de Path. exotique*, t. 8, p. 429). Dans le cas actuel, la solution de carbonate de soude a donné de meilleurs résultats que la solution de soude caustique.

([2]) Nous rappelons que les Trypanosomides du genre *Crithidia* sont caractérisés par l'existence d'une membrane ondulante rudimentaire; le flagelle qui borde cette membrane part du centrosome qui est situé près du noyau. Chez les Flagellés du genre *Herpetomonas*, il n'y a pas trace de membrane ondulante et le centrosome est en général assez éloigné du noyau, dans la partie antérieure du corps de ces Trypanosomides.

tituent la règle dans le tube digestif des mélophages sont mélangées, dans les cultures, à des formes *Herpetomonas* en nombre variable. Le corps des parasites mesure 10$^{\mu}$ à 25$^{\mu}$ de long, sur 1$^{\mu}$ à 2$^{\mu}$ de large. Le flagelle qui part du centrosome, situé au voisinage du noyau, borde une membrane ondulante rudimentaire; sa partie libre est courte. Les éléments parasitaires sont tantôt libres, tantôt disposés en rosaces avec les extrémités antérieures (flagellées) au centre. Les parasites, dans les préparations colorées au panchrome, montrent chacun un noyau et un centrosome; les formes en voie de division (2 noyaux, 1 ou 2 centrosomes) sont communes.

3° *Formes moyennes et grandes du type* Herpetomonas. — Le corps des parasites mesure 10$^{\mu}$ à 20$^{\mu}$ de long sur 1$^{\mu}$ à 2$^{\mu}$ de large; l'extrémité antérieure se termine par un flagelle, parfois très court, qui mesure souvent 12$^{\mu}$ à 15$^{\mu}$ de long. Il n'y a pas trace de membrane ondulante. Après coloration au panchrome, on distingue dans chaque élément un noyau et un centrosome; les formes en voie de division et les formes en rosaces sont communes.

4° *Kystes*. — Des kystes très rares ont été trouvés dans des cultures de 4 jours; dans les cultures plus vieilles, ces formes ont été rencontrées plus souvent. Les kystes, de forme ovoïde, régulière, mesurent 6$^{\mu}$ à 8$^{\mu}$ de long, sur 3$^{\mu}$ à 4$^{\mu}$ de large. Après coloration au panchrome, on distingue une paroi assez épaisse, à double contour, à l'intérieur, un noyau qui siège en général à la petite extrémité de l'ovoïde, et souvent une granulation représentant le centrosome.

Il était intéressant de rechercher si les cultures de *Cr. melophagi* étaient inoculables à des Mammifères et si elles exerçaient une action pathogène sur certains d'entre eux.

6 souris blanches, jeunes, ont été inoculées dans le péritoine, chacune à deux reprises, à quelques jours d'intervalle, avec des cultures de *Cr. melophagi*. 4 souris sont encore vivantes et en bon état, mais chez 2 d'entre elles l'examen du sang a révélé l'existence de parasites endoglobulaires ou libres, en petit nombre. Les 2 dernières souris ont été sacrifiées, 9 et 12 jours après la première inoculation, alors qu'elles étaient dans un état grave, faisant prévoir une mort prochaine; les souris fortement anémiées avaient une respiration très accélérée et l'affaiblissement était très marqué. Des parasites leishmaniformes non rares ont été trouvés dans le sang, dans le foie et dans la rate d'une souris, dans le foie de l'autre. La rate et le foie des 2 souris étaient augmentés de volume.

Il résulte de ces faits, comme de nos observations antérieures, que *Crithidia melophagi* peut exercer une action pathogène sur la souris.

AVIATION. — *Application de la théorie des avions à un exemple. Variations du plafond et de la vitesse ascensionnelle avec les coefficients caractéristiques.* Note [1] de M. A. RATEAU.

Une application numérique sur un cas déterminé est nécessaire pour bien mettre en relief les conséquences de la théorie du vol rectiligne des aéroplanes, qui a fait l'objet de mes trois Communications précédentes [2]; nous verrons clairement combien la hauteur du plafond et les vitesses ascensionnelles sont sensibles aux moindres variations de la plupart des paramètres; ce nous sera aussi l'occasion de présenter quelques nouvelles remarques, en particulier au sujet des caractéristiques des avions.

Je prendrai pour exemple un avion fictif (se rapprochant beaucoup de l'un de ceux sur lesquels on a adapté le turbo-compresseur) pesant au total, pilote compris, 1700^{kg}, et muni d'un moteur de 300 chevaux qui, à l'aide d'une hélice de pas efficace H égal à $2^m,279$, ayant un rendement de 75 pour 100, lui imprime une vitesse en palier de 175^{km} à l'heure, le poids spécifique de l'air étant $\varpi_0 = 1,22$, et la vitesse de rotation de 1600 tours par minute; je suppose, de plus, qu'il vole, dans ces conditions, avec l'incidence zéro ($\alpha_0 = 0°$).

On déduit de là le coefficient du couple du moteur :

$$A = \frac{300 \times 75}{2\pi n \times 1,22} = 110,07;$$

puis, par (4), le recul de l'hélice au sol $\sigma_0 = 0,20$; par (1), $Y_0 = 0,5897$; par (2), $X_0 = 0,1204$; par (6'), $b = 2$.

Si nous supposons encore que $\rho = 0,75$ est le rendement maximum, correspondant au recul optimum $\sigma_m = 0,20$, d'après (12), on a, par (11), $a = \frac{1}{30}$. J'admets enfin $\eta = 0,3$ et $\xi = 0,017$.

Nous avons maintenant tout ce qu'il faut pour calculer les diverses circonstances des vols en palier et en montée, jusqu'au plafond.

D'après (9) et (10), l'incidence optimum est $\alpha_m = 5°,029$, et le rapport optimum $\left(\frac{Y}{X}\right)_m = 8,591$, dont l'inverse donne, pour coefficient de *finesse* de cet avion, $f = 0,1164$.

---

(1) Séance du 21 juillet 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1142, 1246 et 1295.

L'incidence de vol au plafond a déjà été calculée d'après les mêmes données par (26) de l'erratum (p. 48); c'est $\alpha_p = 6^\circ,105$, ou plutôt $5^\circ,98$ que je trouve par un calcul plus précis, à l'aide d'une autre méthode. La hauteur de plafond correspondante est $Z_p = 5890^m$, tandis que celle qui correspond à l'incidence optimum est $Z_m = 5808^m$.

Remarques au sujet des coefficients caractéristiques de l'avion. — Les coefficients Y_0 et η ne dépendent que de la voilure; η est sensiblement le même pour tous les avions, et Y_0 est proportionnel à la surface de voilure. Ils peuvent être mesurés par des essais sur modèles réduits, en tenant compte, bien entendu, des inclinaisons du gouvernail de profondeur correspondant aux diverses incidences.

Quant à X_0 et ξ, ils dépendent non seulement des ailes, mais encore de toutes les œuvres mortes : fuselage, haubans, tendeurs, etc. On peut les déterminer aussi sur des modèles; mais X_0 se calcule très bien d'après un essai de vol au sol, si l'on connaît exactement la force du moteur et le rendement de l'hélice; car tous les avions modernes volent au sol avec une incidence voisine de zéro (positive ou négative) et, dès lors, le terme $\xi\alpha^2$ est petit vis-à-vis de l'unité.

Notre avion hypothétique est plus fin que les avions actuels, dont le rapport $\left(\frac{Y}{X}\right)_m$ optimum ne dépasse guère 8; cela provient sans doute de ce que le coefficient $\eta = 0,3$, que j'ai adopté, est trop élevé. Pour les avions réels, η doit être plutôt voisin de 0,26. En partant de cette dernière valeur, nous aurions trouvé

$$\alpha_m = 4^\circ,734, \qquad \alpha_p = 5^\circ,623, \qquad \text{d'où} \qquad \alpha_p - \alpha_m = 0^\circ,889;$$

et, ensuite,

$$\varpi_m = 0,7168, \qquad \psi_m = 1,0129, \qquad Z_m = 4989^m \qquad \text{et} \qquad Z_p = 5056^m.$$

Le plafond aurait été abaissé de 834^m, soit de 14,1 pour 100, pour une diminution de η de 13,3 pour 100. Nous constatons ainsi que *les hauteurs de plafond varient beaucoup avec le coefficient* η, *ou, plus généralement, avec la finesse de l'avion. D'après* (25) *et* (27), *elles varient aussi beaucoup avec le couple du moteur ou avec le poids de l'avion, ou encore avec le pas de l'hélice.*

Vols en palier. — Pour éviter des calculs laborieux, par approximations successives, au lieu de partir des hauteurs Z, je partirai plutôt des incidences α.

Ayant d'abord calculé X et Y par (7), on obtient successivement les reculs σ de l'hélice par (6′), la vitesse v horizontale de l'avion par (23), la vitesse n de rotation du moteur par (4), le poids spécifique ϖ de l'air correspondant à l'incidence α de vol par (1), et enfin l'altitude Z correspondante par (26).

Le Tableau ci-dessous résume les résultats, ainsi que la courbe I de la figure. Les incidences sont indiquées à droite de la courbe et le nombre de tours du moteur, par minute, à gauche.

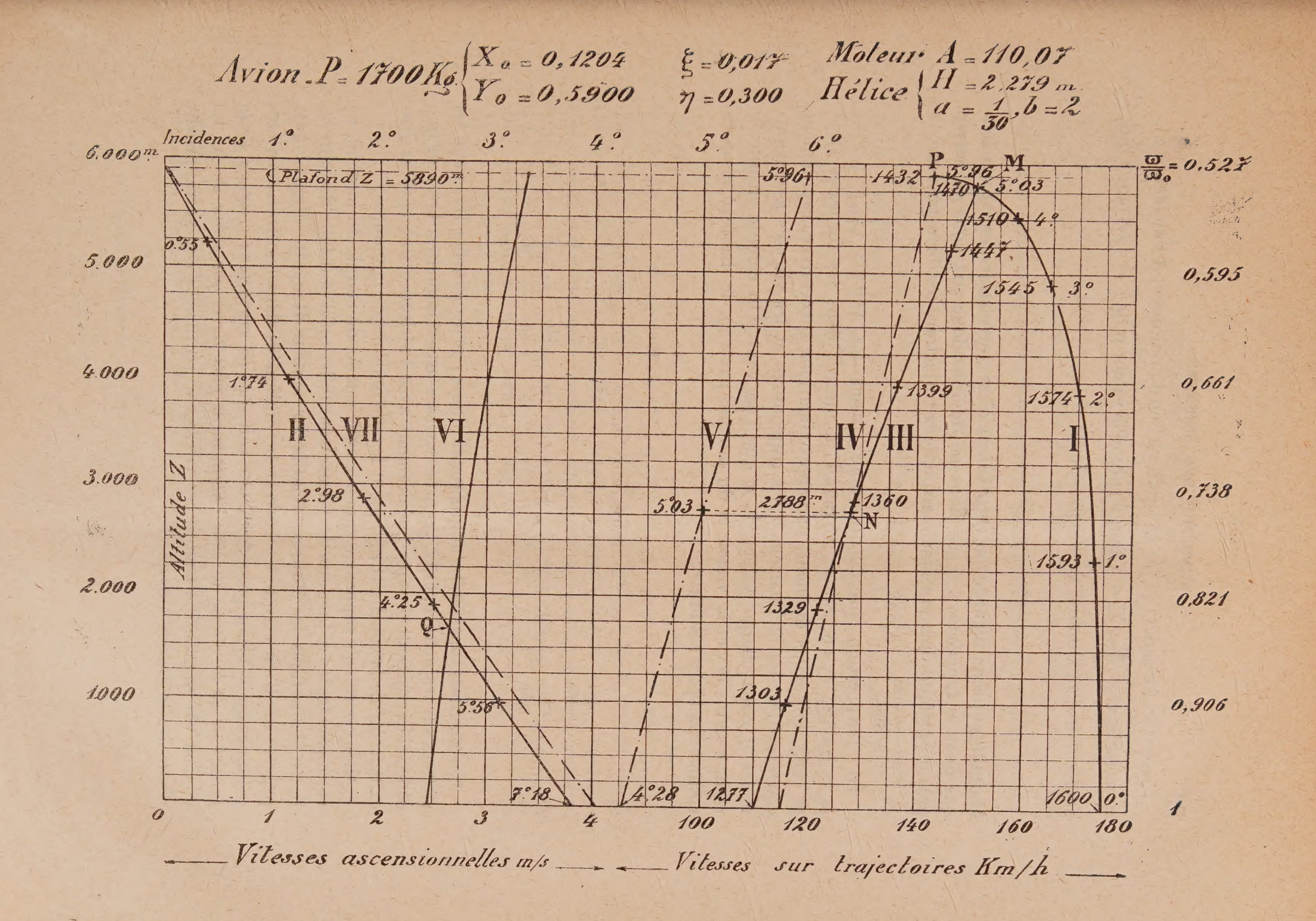
α.	X.	Y.	σ.	ψ.	v.		$60n$.	ϖ.	$\frac{\varpi}{\varpi_0}$	Z.
o					m : s	km : h	t : m	kg : m³		m
0	0,1204	0,590	0,200	1,067	48,61	175,0	1600	1,220	1,000	0
1	0,1225	0,767	0,202	1,064	48,27	173,8	1593	0,952	0,780	2329
2	0,1286	0,943	0,209	1,055	47,29	170,3	1574	0,805	0,660	3894
3	0,1388	1,120	0,219	1,042	45,80	164,9	1545	0,723	0,593	4904
4	0,1532	1,297	0,233	1,026	43,95	158,2	1510	0,678	0.556	5504
$\alpha_m = 5,029$	0,1722	1,479	0,251	1,008	41,83	150,6	1470	0,657	0,538	5808
$\alpha_p = 6$	0,1941	1,651	0,269	0,989	39,75	143,1	1432	0,651	0,534	5890

La vitesse en palier décroît peu jusqu'à 2000^{m}; au plafond elle tombe à 143^{km} à l'heure. Elle aurait crû légèrement à partir du sol, jusqu'à une certaine altitude, si le vol en palier au sol s'était effectué sous une incidence négative, comme cela se produit avec les avions à très grande hauteur de plafond; elle serait, au contraire, plus rapidement décroissante pour une incidence de départ supérieure à zéro.

Les reculs σ montent de 0,200 au sol à 0,269 au plafond; c'est ce qui fait que la vitesse de rotation n du moteur décroît beaucoup moins que la vitesse v de l'avion.

Remarque. — Dans ces calculs, j'ai supposé invariable le coefficient A du couple du moteur. En réalité, je l'ai déjà fait remarquer, ce coefficient croît un peu quand la vitesse de rotation décroît; mais, par contre, il décroît légèrement quand l'altitude augmente. Les deux effets se compensent en partie; on en tiendrait compte si l'on était exactement fixé sur ces variations.

Montée à incidence α_m constante. — Sauf aux altitudes voisines de $\frac{1}{2}Z_m$, ainsi que nous le verrons plus bas, la montée à incidence optimum ne réalise pas les vitesses ascensionnelles maxima et elle ne permet pas d'atteindre le véritable plafond; mais la différence est très petite, presque insensible. Examinons donc, en premier lieu, ce cas pour lequel les calculs sont relativement simples.



Avion. P = 1700 Kg. X₀ = 0,1204 Y₀ = 0,5900
ξ = 0,017 η = 0,300
Moteur A = 110,07
Hélice H = 2,279 m. a = 1/30, b = 2
Incidences 1° 2° 3° 4° 5° 6°
Plafond Z = 5890m.
6.000m
5.000
4.000
3.000
2.000
1000
Altitude Z
ϖ/ϖ₀ = 0,527
0,595
0,661
0,738
0,821
0,906
1
I
II
III
IV
V
VI
VII
P
M
N
Q
0°55
1°74
2°98
4°25
5°56
7°18
4°28
5°03
5°96
2788m
1277
1303
1329
1360
1399
1432
1447
1470
1510
1545
1574
1593
1600
0°
1°
2°
3°
4°
5°03
5°96
0
1
2
3
4
100
120
140
160
180
Vitesses ascensionnelles m/s
Vitesses sur trajectoires Km/h

Ce sont les formules (44) à (48) qu'il y a lieu d'appliquer. A l'incidence α_m, la variable $x = \frac{2H^2}{b}(X + Y \operatorname{tang}\theta)$ prend la valeur $0{,}894 + 7{,}68 \operatorname{tang}\theta$ qui, portée dans (44), donne à $\frac{1}{\psi}$ l'expression

$$0{,}998(1 + 0{,}986 \operatorname{tang}\theta - 1{,}182 \overline{\operatorname{tang}\theta}^2).$$

Mais il faut prendre garde que cette valeur n'est convenablement approchée que pour x supérieur à 0,96; nous ne devrons donc pas nous en servir près du plafond, lorsque l'inclinaison de la trajectoire tombera au-dessous de $\frac{0{,}96 - 0{,}894}{7{,}68} = 0{,}008$, soit 0°,45.

De l'expression précédente nous tirons les valeurs ($\psi_m = 1{,}002$; $\varpi_m = 0{,}653$; $i' = 0{,}986 - 1{,}18 \operatorname{tang}\theta$) à mettre dans les formules (47) et (48), lesquelles donnent, par approximations successives, rapidement convergentes, les inclinaisons θ des trajectoires et les vitesses ascensionnelles w, pour chaque valeur de ϖ que l'on veut. On calcule ensuite le recul σ par (35) et la vitesse n du moteur par (4), le Tableau ci-après résume quelques résultats :

ϖ.	Z.	θ.	v.	w.	σ.	$60n$.	$\frac{dA}{A}$.	$d\theta$.	dw.
kg : m³	m	°	m : s	m : s		t : m		°	m : s
1,22.......	0	7,178	30,57	3,820	0,370	1277	0,0257	0,421	0,222
1,10.......	971	5,560	32,24	3,124	0,348	1303	0,0250	0,359	0,201
1,00.......	1865	4,250	33,85	2,509	0,329	1329	0,0235	0,304	0,176
0,90.......	2854	2,976	35,71	1,854	0,309	1360	0,0218	0,244	0,151
0,80.......	3959	1,742	37,89	1,152	0,287	1399	0,0197	0,190	0,126
0,70.......	5211	0,548	40,52	0,388	0,263	1447	0,0160	0,131	0,092

Ces résultats sont aussi traduits sur la figure par les courbes III, pour les vitesses sur trajectoire, et II, pour les vitesses ascensionnelles. On voit que celles-ci décroissent presque linéairement avec l'altitude. Les chiffres inscrits à côté de la courbe II indiquent les inclinaisons de la montée.

Mais ces calculs supposent que le coefficient A, du couple du moteur, ne varie pas. Ici les réductions de vitesse sont telles qu'il faut faire des corrections. Admettons les chiffres, relatifs au moteur Renault, donnés à la page 1250. Il en résulte les corrections indiquées dans les trois dernières colonnes du Tableau précédent. On voit que *les variations relatives de la pente* θ *et de la vitesse* w *sont énormément plus fortes que celles de* A. La courbe VII en pointillé traduit ces vitesses w rectifiées; elle se rapproche d'une droite encore plus que II.

Montée à incidence variable. — En calculant la vitesse ascensionnelle à diverses incidences, pour le même poids spécifique ϖ de l'air, on constate que le maximum a lieu pour des incidences plus petites que α_m aux basses altitudes, et, au contraire, pour des incidences plus grandes aux hautes altitudes. *La coïncidence se produit à une altitude voisine de* $\frac{Z_m}{2}$. J'ai trouvé, dans le cas particulier qui nous sert d'exemple, par un calcul que je ne reproduirai pas, que cette altitude est 2788^m.

La courbe IV en pointillé indique les vitesses v sur trajectoire; elle croise III en N et aboutit à l'extrémité P de la courbe I des vitesses en palier, tandis que III aboutit en M correspondant à α_m. La courbe V montre les incidences qui donnent le maximum de w aux diverses altitudes.

Mais le maximum diffère très peu de w correspondant à l'incidence constante α_m. Ainsi, au sol, je trouve, avec le coefficient A majoré de 2,57 pour 100, comme il convient, $w = 4,07 \text{ m:s}$, au lieu de 4,04; l'inclinaison initiale de la trajectoire est 7°,29, au lieu de 7°,60.

Vitesses ascensionnelles avec turbo-compresseur. — Enfin si, au même avion, on applique un turbo-compresseur ramenant le couple du moteur à sa valeur au sol, c'est la formule (49) qu'il faut appliquer. On trouve en partant du même A, non majoré, supposant que le poids reste le même et que la nouvelle hélice a un pas efficace de $2^m,69$, que la vitesse w au départ du sol, en montée à incidence optimum, s'abaisse à 2,46 m : s; *mais elle croît avec l'altitude*, en raison inverse de $\sqrt{\varpi}$. La courbe VII montre ses variations; elle croise II en Q, à l'altitude 1635^m. On voit qu'au-dessus de cette altitude le turbo procure un avantage énorme.

Quant à l'inclinaison θ *de la montée, elle est constamment égale à* 4°,62.

Au delà du plafond de l'avion primitif, l'allure de la courbe des vitesses ascensionnelles change brusquement si le turbo ou le moteur sont à leur limite de vitesse; la pression d'air produite par le turbo n'est plus alors constante, mais sensiblement proportionnelle à la pression atmosphérique ambiante, et les vitesses w et les inclinaisons θ de montée décroissent. La courbe représentative de w est, à partir de l'ancien plafond, analogue à II, mais moins inclinée; elle aboutit, sur l'axe des altitudes, au point du nouveau plafond, voisin de $\frac{5}{3}\,5890 = 9817^m$, ainsi qu'il a été démontré dans ma deuxième Communication, un peu haut ou un peu plus bas suivant le pas de la nouvelle hélice qui a été adaptée au moteur muni du turbo.

M. **Quénu** s'exprime en ces termes :

Je présente à l'Académie une monographie sur le *shock traumatique*. Elle est le résumé des travaux que j'ai publiés sur cette question pendant la guerre. On croyait avant la guerre, et même jusqu'en 1917, que le syndrome connu sous le nom de *shock* avait pour origine une action brusque du trauma, ou paralysante, ou inhibitrice, sur les fonctions du système nerveux. Je me suis efforcé de démontrer qu'il n'en est rien, que l'apparition des symptômes, qui aurait dû être instantanée dans l'hypothèse de la théorie nerveuse, ne l'était pour ainsi dire jamais. Je crois avoir réussi à prouver que, dans la plupart des cas, le syndrome résulte d'une intoxication par les toxalbumines issues des tissus et plus spécialement des muscles écrasés; aussi ai-je proposé de remplacer le terme impropre de *shock* par celui de « *toxémie traumatique à syndrome dépressif* ».

Cette interprétation nouvelle a eu des conséquences thérapeutiques importantes, spécialement au point de vue des indications opératoires.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la stabilité des sulfones formées par les iodures de sodium, de rubidium et de cæsium.* Note (¹) de MM. **R. de Forcrand** et **F. Taboury.**

Nous avons signalé précédemment (²) que les iodures de sodium, de rubidium et de cæsium forment avec SO^2 des *sulfones* dont la formule est $MI + 3SO^2$ et que, s'il faut en croire les travaux publiés sur les sulfones données par KI, le potassium s'écarte à ce point de vue des autres métaux alcalins.

Nous avons cherché à préciser davantage en mesurant les tensions de dissociation des combinaisons à $3SO^2$ que nous avons obtenues.

L'appareil employé pour ces déterminations est en tout semblable à celui qui nous a servi pour l'analyse : ampoule de verre soufflé portant deux tubes verticaux, l'un pour l'introduction de l'iodure et du gaz SO^2, l'autre pour l'élimination de l'excès de SO^2, mais ce dernier tube est soudé à un long manomètre à mercure qui permet de mesurer les tensions, pendant que

(¹) Séance du 7 juillet 1919.

(²) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1253.

l'ampoule (dont l'autre tube est fermé à la lampe) plonge dans un bain à température constante.

Nous avons utilisé, comme bains, soit le chlorure de méthyle dans un vase de Dewar non argenté (de — 22°,5 à — 22°,8), soit la glace (0°), soit le bromure d'éthylène en fusion (+ 9°,65), soit encore le courant d'eau de la ville (+ 15°,4 et + 20°,9).

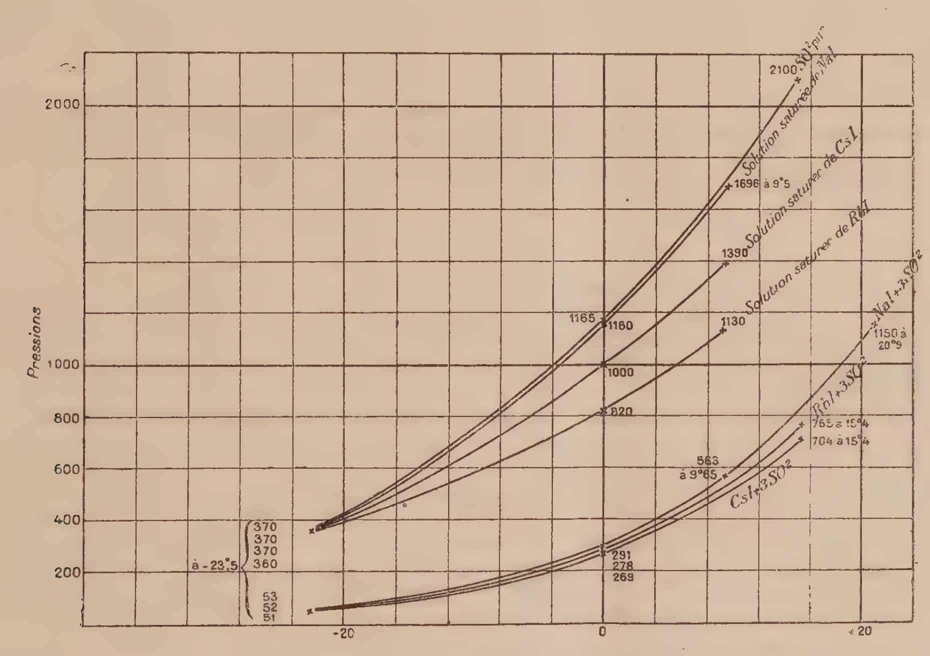
L'équilibre ne s'établit que lentement, au bout de plusieurs jours.

La quantité de gaz sulfureux doit être telle qu'elle soit insuffisante pour transformer la totalité de l'iodure en sulfone, et qu'il n'y ait pas de liquéfaction.

Nous avons obtenu, dans ces conditions, les résultats qui suivent :

NaI........	53 mm à —22°,75	291 mm à 0°	{ 563 mm à + 9°,65 ; 1150,5 à +20,9 }
RbI........	52 à —22,8	278,25 à 0°	765 à +15,4
CsI........	51 à —22,5	269,25 à 0°	704 à +15,4

Ces nombres, reportés sur un quadrillé, donnent trois courbes très régu-



Températures en degrés centigrades.

lières, celle de NaI + $3SO^2$ étant constamment au-dessus des deux autres, et celle de RbI + $3SO^2$ au-dessus de la troisième.

On remarque que les trois courbes se confondent presque vers -23°, puis s'écartent en éventail. Cette allure se lit bien sur la figure ci-dessus sur laquelle nous avons tracé en même temps les courbes des tensions de vapeur des trois dissolutions saturées dans SO^2 liquide, et enfin, au-dessus, celle de SO^2 pur d'après les expériences de Regnault et de Pictet.

Nos trois courbes de dissociation coupent l'ordonnée 760^{mm} respectivement

Pour NaI	à..	$+14^{\circ},60$
» RbI	à..	$+15,50$
» CsI	à..	$+16,46$

Ainsi les *températures de dissociation* sont d'autant plus élevées que le poids moléculaire de l'iodure est plus grand, les différences étant d'ailleurs faibles.

On serait tenté d'en conclure que la stabilité des trois sulfones va en croissant dans l'ordre

$$NaI \rightarrow RbI \rightarrow CsI.$$

Et il devrait, en effet, en être ainsi si la relation $\frac{Q}{T} =$ const. était rigoureuse.

Cependant lorsqu'on calcule, en partant de nos résultats, les valeurs de Q au moyen de la formule de Clapeyron, on arrive à une conclusion contraire. On trouve, en effet, par cette méthode :

	Cal
Pour NaI	$+10,250$
» RbI	$+10,129$
» CsI	$+9,876$

et, bien que ces différences soient faibles, nous croyons pouvoir répondre de leur signe.

Il en résulte que c'est la sulfone de CsI qui aurait la chaleur de formation la plus faible, bien que sa température de dissociation soit la plus élevée.

C'est dire que les valeurs de $\frac{Q}{T}$ ne sont pas tout à fait constantes, même dans cette série de composés si voisins; ces valeurs atteignent 35,63 pour NaI, 35,09 pour RbI et 34,10 pour CsI, la moyenne 34,94 étant un peu supérieure à la moyenne habituelle 30 à 32.

Ces résultats montrent que, contrairement à ce qui arrive habituellement, le sodium se rapproche de Rb et de Cs au point de vue qui nous occupe. Le potassium se conduit tout autrement.

On lit aussi sur notre dessin que les trois courbes de dissociation se suc-

cèdent dans un ordre qui n'est pas le même que celui des courbes des tensions de vapeur des dissolutions saturées.

Remarque au sujet de SO^2. — La courbe des tensions de vapeur de SO^2 pur, tracée d'après les nombres de Regnault et de Pictet, permet de calculer sa chaleur de volatilisation moléculaire L. Entre — 23° et 0°, c'est-à-dire pour une température moyenne bien voisine de — 10°, on trouve ainsi : $6^{Cal},652$ pour 64^g de SO^2, nombre qui concorde d'ailleurs avec les valeurs trouvées directement.

Ce résultat montre d'abord que le quotient Trouton, $\frac{L}{T} = \frac{6652}{263}$, atteint 25,29, nombre assez élevé, voisin de celui que donne l'eau (25,9), indiquant une forte association.

D'autre part, les températures de dissociation des trois sulfones étant à 24°,6 ou 25°,5 ou 26°,46 au-dessus du point d'ébullition du SO^2, il suffira de retrancher

$$24°,6 \times 0,03563, \qquad 25°,5 \times 0,03509, \qquad 26,46 \times 0,0341$$

des nombres que donnent les courbes de dissociation, soit

$$10,250 \quad \text{ou} \quad 10,129 \quad \text{ou} \quad 9,876$$

pour avoir une évaluation approchée de L + S. On trouve ainsi

$$L + S = 9,374 \quad \text{ou} \quad 9,234 \quad \text{ou} \quad 8,974.$$

Enfin, en retranchant de ces nombres 6,652, on trouve

$$S = 2,722 \quad \text{ou} \quad 2,582 \quad \text{ou} \quad 2,322 \quad (\text{moyenne } 2,542),$$

ce qui montre que la chaleur de solidification moléculaire S de 64^g de SO^2 liquide est d'*environ* $2^{Cal},54$, soit, pour 1^g : $0^{Cal},0397$, à peu près la moitié de celle de l'eau, à poids égal.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le *Rapport général sur l'industrie française, sa situation, son avenir*, rédigé par M. Léon Guillet. Deuxième volume. (Présenté par M. A. Haller.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes d'Euler.* Note de M. **N.-E. Nörlund**, présentée par M. Appell.

1. Soit ν un entier non négatif. Considérons l'équation aux différences finies

$$F(x+1)+F(x)=2x^\nu.$$

Il y a évidemment un et un seul polynome qui satisfait à cette équation. Ce polynome est du degré ν. On l'appelle *un polynome d'Euler*. Je le désigne par $E_\nu(x)$. Ces polynomes ont été étudiés par Hermite et par plusieurs autres auteurs. Je veux démontrer l'existence d'une classe plus générale de polynomes qui sont analogues aux polynomes d'Euler et qui jouent un rôle considérable dans le calcul aux différences finies. Soient $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$ n nombres quelconques. Posons pour abréger

$$\nabla_\omega F(x)=\frac{1}{2}[F(x+\omega)+F(x)], \qquad \nabla^n_{\omega_1,\ldots,\omega_n} F(x)=\nabla_{\omega_n}[\nabla^{n-1}_{\omega_1,\ldots,\omega_{n-1}} F(x)].$$

Considérons l'équation aux différences finies

$$\nabla^n_{\omega_1,\ldots,\omega_n} F(x)=x^\nu.$$

Il y a un et un seul polynome en x qui satisfait à cette équation. Ce polynome est du degré ν. Je le désigne par $E_\nu^{(n)}(x)$ ou par $E_\nu^{(n)}(x\,|\,\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n)$ et je dis par extension que c'est *un polynome d'Euler d'ordre n et de degré* ν. On peut ainsi définir une suite infinie de polynomes $E_\nu^{(1)}(x)$, $E_\nu^{(2)}(x)$, $E_\nu^{(3)}(x)$, ..., et l'on a en particulier

$$E_\nu^{(1)}(x\,|\,\omega)=\omega^\nu E_\nu\left(\frac{x}{\omega}\right).$$

De la définition il résulte immédiatement que

$$\nabla^p E_\nu^{(n)}(x)=E_\nu^{(n-p)}(x) \qquad (p=1, 2, \ldots, n-1), \qquad \frac{dE_\nu^{(n)}(x)}{dx}=\nu E_{\nu-1}^{(n)}(x).$$

On a donc, en vertu de la formule de Taylor,

$$E_\nu^{(n)}(x+h)=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}h^s E_{\nu-s}^{(n)}(x).$$

En posant $h=\omega_n$, ce développement prend la forme

$$E_\nu^{(n-1)}(x)=E_\nu^{(n)}(x)+\frac{1}{2}\sum_{s=1}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}\omega_n^s E_{\nu-s}^{(n)}(x) \qquad (\nu=1, 2, 3, \ldots).$$

A l'aide de cette relation de récurrence, on sait déterminer successivement tous les polynomes d'Euler d'ordre n, quand on connaît les polynomes d'ordre $n-1$. On sait d'ailleurs d'une manière explicite exprimer les polynomes d'ordre n par les polynomes d'ordre inférieur à n. En effet, considérons l'équation

$$\nabla^p_{\omega_1,\ldots,\omega_p} F(x) = \varphi(x),$$

$\varphi(x)$ étant un polynome du degré ν. On voit aisément que le polynome $F(x)$ qui satisfait à cette équation peut s'écrire sous la forme

$$F(x+y) = \sum_{s=0}^{s=\nu} \frac{\varphi^{(s)}(x)}{s!} E_s^{(p)}(y).$$

On en conclut que les polynomes d'Euler satisfont à la relation

$$E_\nu^{(n+p)}(x+y) = \sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} E_{\nu-s}^{(n)}(x) E_s^{(p)}(y),$$

x et y étant des nombres quelconques.

2. On appelle *nombres d'Euler* une suite de nombres entiers E_0, E_1, E_2, ... définis par la relation de récurrence

$$\sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} E_{\nu-s} + \sum_{s=0}^{s=\nu} (-1)^s \binom{\nu}{s} E_{\nu-s} = \begin{cases} 0, & \nu > 0, \\ 2, & \nu = 0. \end{cases}$$

J'en forme une nouvelle suite de nombres $E_\nu^{(n)}$ que je définis par les relations de récurrence

$$\sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} \omega_n^s E_{\nu-s}^{(n)} + \sum_{s=0}^{s=\nu} (-1)^s \omega_n^s E_{\nu-s}^{(n)} = 2 E_\nu^{(n-1)}.$$

La quantité $E_\nu^{(n)}$ est une forme de degré ν et à coefficients entiers; elle s'exprime par les nombres d'Euler de la manière suivante

$$E_\nu^{(n)} = \sum \frac{\nu!}{s_1!\, s_2! \ldots s_n!} E_{s_1} E_{s_2} \ldots E_{s_n} \omega_1^{s_1} \omega_2^{s_2} \ldots \omega_n^{s_n},$$

où la sommation est étendue à toutes les valeurs entières, positives ou nulles, de $s_1, s_2, \ldots, s_n$ qui vérifient la condition $s_1 + s_2 + \ldots + s_n = \nu$.

Les $E_\nu^{(n)}$ figurent comme coefficients dans les polynomes d'Euler. On a,

en effet,

$$E_\nu^{(n)}(x)=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}2^{-s}E_s^{(n)}\left(x-\frac{\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n}{2}\right)^{\nu-s}.$$

Les polynomes d'Euler $E_\nu^{(n)}(x)$ sont donc des fonctions symétriques des paramètres $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$.

3. Il convient encore d'envisager une autre suite de nombres entiers C_0, C_1, C_2, ... que je définis par la relation de récurrence

$$\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}2^s C_{\nu-s}+C_\nu=\begin{cases}0, & \text{si } \nu>0,\\ 2, & \text{si } \nu=0.\end{cases}$$

J'en forme une nouvelle suite de nombres $C_\nu^{(n)}$ que je définis par les relations de récurrence

$$\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}(2\omega_n)^s C_{\nu-s}^{(n)}+C_\nu^{(n)}=2C_\nu^{(n-1)}.$$

Les $C_\nu^{(n)}$ s'expriment par les C_ν de la manière suivante

$$C_\nu^{(n)}=\sum\frac{\nu!}{s_1!\,s_2!\ldots s_n!}C_{s_1}C_{s_2}\ldots C_{s_n}\omega_1^{s_1}\omega_2^{s_2}\ldots\omega_n^{s_n},$$

où la sommation est étendue à toutes les valeurs entières, positives ou nulles de $s_1, s_2, \ldots, s_n$ qui vérifient la condition $s_1+s_2+\ldots+s_n=\nu$. Les $C_\nu^{(n)}$ figurent comme coefficients dans les polynomes d'Euler. On a, en effet,

$$E_\nu^{(n)}(x)=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}2^{-s}C_s^{(n)}x^{\nu-s}.$$

Les $E_\nu^{(n)}$ s'expriment par les $C_\nu^{(n)}$ et inversement. On a, en effet,

$$E_\nu^{(n)}=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}C_s^{(n)}(\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n)^{\nu-s},$$

$$C_\nu^{(n)}=\sum_{s=0}^{s=\nu}(-1)^{\nu-s}\binom{\nu}{s}E_s^{(n)}(\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n)^{\nu-s}.$$

MÉCANIQUE. — *Sur l'équilibre élastique d'un corps de révolution homogène isotrope soumis à des forces rayonnantes, soit proportionnelles, soit inversement proportionnelles au rayon.* Note de M. **Ch. Platrier**, présentée par M. Sebert.

1. Soit Oz l'axe de révolution. Supposons que les tensions soient nulles sur la surface extérieure du corps et que la force appliquée à un élément matériel (x, y, z) soit rayonnante, c'est-à-dire dirigée suivant le rayon (normale issue de l'élément à Oz) et fonction unique de ce rayon r (distance de l'élément à Oz). Soient ε et w les projections suivant le rayon et suivant Oz du déplacement du point (x, y, z). Les équations indéfinies de l'équilibre peuvent s'écrire

$$\left.\begin{aligned} &(1)\quad (\lambda+2\mu)\frac{\partial\theta}{\partial r}-\mu\frac{\partial\psi}{\partial z}=f'(r)\\ &(2)\quad (\lambda+2\mu)\frac{\partial\theta}{\partial z}+\mu\left(\frac{\partial\psi}{\partial r}+\frac{\psi}{r}\right)=0 \end{aligned}\right\}\quad \text{avec}\quad \left\{\begin{aligned} \theta&=\frac{\partial w}{\partial z}+\frac{\partial\varepsilon}{\partial r}+\frac{\varepsilon}{r},\\ \psi&=\frac{\partial w}{\partial z}-\frac{\partial\varepsilon}{\partial r}. \end{aligned}\right.$$

La tension $N_2=\lambda\theta+2\mu\frac{\varepsilon}{r}$ sur un élément du plan méridien est normale à cet élément. La tension sur un élément orthogonal à un plan méridien est dans ce plan et a pour projections, sur Or et Oz, $N_1\cos\omega+T\sin\omega$; $T\cos\omega+N_3\sin\omega$; en appelant ω l'angle de la normale avec Oz et en posant

$$N_1=\lambda\theta+2\mu\frac{\partial\varepsilon}{\partial r},\qquad N_3=\lambda\theta+2\mu\frac{\partial w}{\partial r},\qquad T=\mu\left(\frac{\partial w}{\partial r}+\frac{\partial\varepsilon}{\partial z}\right).$$

2. Nous allons tout d'abord chercher s'il est possible de déterminer les fonctions f, θ et ψ de telle sorte que T et N_3 soient identiquement nuls. Il en résultera que les tensions seront nulles sur tout élément orthogonal à $Oz\left(\omega=\frac{\pi}{2}\right)$ ou appartenant à la surface S de révolution autour de Oz qui a pour méridienne $N_1=0$. On pourra donc prendre, comme surface extérieure du corps C considéré, une portion de la surface S et des portions de plans orthogonaux à Oz.

Or la condition $T=0$ équivaut à $\varepsilon=-\frac{\partial\varphi}{\partial r}$; $w=\frac{\partial\varphi}{\partial z}$; φ désignant une fonction arbitraire de r et de z, si bien que les équations indéfinies (1)

et (2) et la condition $N_3 = 0$ s'écrivent

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^3\varphi}{\partial r\,\partial z^2} &= 2af'(r) \\ 2b\frac{\partial^3\varphi}{\partial z^3} - \frac{\partial^3\varphi}{\partial z\,\partial r^2} - \frac{1}{r}\frac{\partial^2\varphi}{\partial r\,\partial z} &= 0 \\ 2b\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial r^2} - \frac{1}{r}\frac{\partial\varphi}{\partial r} &= 0 \end{aligned}\right\} \quad \text{avec} \quad \left\{\begin{aligned} a &= \frac{\lambda}{8\mu(\lambda+\mu)}, \\ b &= \frac{\lambda+2\mu}{2\lambda}. \end{aligned}\right.$$

Elles sont satisfaites par

$$\varphi(r, z) = az^2 f(r) + zg(r) + h(r) + k(z),$$

les fonctions f, g, h, k étant choisies de telle sorte que (5) soit vérifiée.

On en déduit

$$af'(r) = 2bpr + \frac{q}{r},$$

$$\begin{aligned} -\frac{N_1}{2\mu} &= p[2(b+1)z^2 + b(3b+2)r^2] \\ &\quad + q\left[2(b+1)\log r - \frac{z^2}{r^2} + b\right] - (\alpha_1 z + \alpha) - \frac{1}{r^2}(\beta_1 z + \beta), \\ -\frac{N_2}{2\mu} &= p[2(b+1)z^2 + b(b+2)r^2] \\ &\quad + q\left[2(b+1)\log r + \frac{z^2}{r^2} - b\right] - (\alpha_1 z + \alpha) + \frac{1}{r^2}(\beta_1 z + \beta), \end{aligned}$$

p, q, α_1, β_1, α, β étant des constantes arbitraires.

En supposant nul soit p, soit q, on connaît donc l'expression des tensions dans un corps C ne supportant aucune tension sur sa surface et dont les éléments matériels sont soumis à une force rayonnante soit proportionnelle, soit inversement proportionnelle au rayon.

3. Insistons sur le cas de $q = 0$ et faisons $p = -\rho\omega^2\frac{a}{2b}$, c'est le cas de l'équilibre relatif du corps C, de densité ρ, tournant autour de son axe avec une vitesse angulaire constante ω.

M. Lecornu a mis en évidence la solution qui correspond au cas $\alpha_1 = \beta_1 = \beta = 0$ et s'en est servi pour donner une approximation de l'équilibre relatif d'un cylindre de révolution très plat dans un tel mouvement. En suivant la même méthode et remarquant que la méridienne de S peut passer par quatre points arbitraires à abscisses positives (ce qui détermine $\alpha_1 \beta_1 \alpha\beta$) on peut obtenir de nouveaux résultats intéressants. En particulier, si l'on choisit des méridiennes symétriques par rapport à Or : $\alpha_1 = \beta_1 = 0$ et si (ε désignant une quantité positive aussi petite qu'on veut) on fait

choix, pour déterminer α_1 et β_1, des couples de points :

(1) $[R, O; R+\varepsilon, h]$; (3) $[R_1, O; R_2, O]$;
(2) $[R, O; R-\varepsilon, h]$; (4) $[R_1, h; R_2, h]$.

1° Les choix (1) et (2) donnent de nouvelles approximations de l'équilibre relatif considéré d'un cylindre de révolution, de rayon R et de hauteur h (cas d'un arbre principal de machine, d'un obus cylindrique lancé par un canon rayé) et elles encadrent d'aussi près qu'on le désire la solution rigoureuse.

2° Les choix (3) et (4) donnent, dans le même mouvement, des approximations de l'équilibre relatif d'un anneau cylindrique de révolution, de rayons R_1 et R_2 et de hauteur h petite devant $R_2 - R_1$ (cas d'une meule évidée en son centre).

ÉLECTRICITÉ. — *Galvanomètres inscripteurs à fer mobile.* Note [1] de MM. Henri Abraham et Eugène Bloch.

1. Les appareils magnétiques qui font l'objet de la présente Note sont des galvanomètres à plume destinés aux inscriptions sur papier enfumé des courants variables de l'ordre du milliampère (inscription des courants microphoniques, inscription des signaux de télégraphie sans fil, etc.). Ils ont été construits pendant les années 1916, 1917 et 1918, pour la Radiotélégraphie militaire et le Service géographique de l'Armée.

Leur principe, qui est susceptible d'autres applications, est le suivant : Un aimant [2] est muni de pièces polaires portant des bobinages en fil de cuivre. Entre les pièces polaires se trouve placée une pièce de fer doux mobile sur pivots (armature ou palette), dont les déplacements sont transmis à une plume qui inscrit sur papier enfumé. L'armature est aimantée par le champ permanent de l'aimant, comme dans les relais polarisés. Mais on a cherché à équilibrer toutes les forces provenant du champ magnétique permanent, afin de rendre indépendants l'un de l'autre le couple moteur et le couple résistant. On obtient ce résultat en disposant l'armature de manière que son aimantation soit symétrique par rapport à l'axe de rotation

---

[1] Séance du 21 juillet 1919.

[2] Cet aimant peut être remplacé par un électro-aimant. Mais il faut alors une batterie auxiliaire, et l'avantage que l'on en retire n'est pas considérable, parce qu'il faut éviter des champs trop intenses, qui satureraient le fer de l'armature mobile.

ou par rapport à un plan passant par cet axe. On peut alors régler à la valeur que l'on désire et même annuler le couple magnétique qui tend à maintenir la palette mobile dans sa position d'équilibre; celle-ci devient une position d'équilibre indifférent. Un ressort spiral permet dès lors de choisir la valeur du couple stabilisateur que l'on veut employer.

Le couple moteur est créé par les bobines polaires. Elles sont parcourues par le courant variable que l'on veut inscrire, et bobinées dans un sens tel que, sous l'action du courant, le champ magnétique tende à augmenter d'un côté de l'armature mobile et à diminuer de l'autre côté. La rotation et l'équilibre de l'armature sont ainsi régies par un mécanisme analogue à celui qui intervient pour provoquer la rotation de l'aiguille d'un électromètre à quadrants.

Les avantages de ce montage sont les suivants. D'abord le flux magnétique dont les variations entraînent la rotation de l'armature se ferme tout entier à travers l'armature et les pièces polaires de l'aimant, sans que ce flux variable traverse l'aimant lui-même. Il n'y a donc aucun risque de désaimantation de l'aimant permanent par un courant accidentel trop intense qui viendrait à parcourir les bobines.

D'autre part, l'armature étant placée symétriquement dans le champ magnétique, elle est en équilibre à peu près indifférent, et le ressort directeur permet de la stabiliser en réglant à volonté la période propre de ses oscillations et par suite la sensibilité de l'appareil.

L'amortissement, très énergique, est causé par les effets magnétiques développés dans la palette mobile par ses mouvements dans le champ de l'aimant. Il dépend de la puissance de l'aimant et de la largeur de l'entrefer. Ces éléments peuvent être choisis de manière à opérer au voisinage de l'amortissement critique, et c'est une qualité caractéristique des appareils de ce type que de posséder spontanément un très bon amortissement magnétique.

2. Les formes des appareils que nous avons réalisés sont assez variées. Signalons en premier lieu un *magnéto-oscillographe à plume* que l'on peut assimiler à une petite magnéto tétrapolaire analogue aux magnétos d'appel des téléphones, et dont le fer mobile, monté sur pivots, entraîne, par un système de leviers amplificateurs, la plume destinée à l'inscription. Les quatre pièces polaires sont en fer feuilleté, et les bobines polaires sont connectées de telle sorte que le passage d'un courant dans le système tende à créer deux pôles nord dans deux pièces polaires diamétralement

opposées et deux pôles sud dans les deux autres. Le courant tend donc bien à faire tourner l'armature autour de son axe.

Dans un modèle plus réduit, la pièce mobile est une palette plane de faible épaisseur, dont le plan est perpendiculaire à l'axe de rotation, et qui est mobile entre des pièces polaires planes et parallèles. La forme et la disposition de la palette et des pièces polaires rappellent celles de l'aiguille et de deux secteurs contigus d'un électromètre à quadrants. Comme, dans cet instrument, les actions électromagnétiques tendent à faire tourner la palette dans son propre plan vers une des pièces polaires ou vers l'autre, suivant le sens du courant, l'appareil est un *oscillographe à quadrants*.

Quand la palette mobile est munie d'un prolongement qui vient, dans son mouvement, fermer un contact auxiliaire, l'appareil devient un *relais à quadrants*. En diminuant le plus possible les dimensions et par suite l'inertie de la palette mobile, et en ne lui demandant plus que d'entraîner un miroir qui permette l'enregistrement sur une bande photographique, on obtient un *oscillographe magnétique à miroir* : l'appareil rappelle alors à certains égards l'oscillographe à fer doux de M. A. Blondel.

3. La sensibilité obtenue avec les oscillographes à plume est de l'ordre du millimètre sur la bande enfumée pour un courant de 1 milliampère, lorsque la résistance des bobines est de 500 ohms, et que la période propre est de l'ordre de $\frac{1}{100}$ de seconde. L'amortissement est alors pratiquement parfait.

Pour les inscriptions simultanées de plusieurs courants microphoniques, les oscillographes à quadrants que nous avons établis ont environ 500 ohms de résistance. Les dimensions et le poids de l'appareil ont été réduits au minimum, afin de pouvoir grouper jusqu'à six appareils pour l'inscription sur une même bande enfumée.

Pour les inscriptions de T. S. F., les appareils peuvent être utilisés isolément ou par groupes de deux. On peut alors employer avec avantage le magnéto-oscillographe décrit en premier lieu, avec une résistance de bobinage de quelques milliers d'ohms, ce qui lui donne une sensibilité de 5^{mm} à 10^{mm} par milliampère. L'oscillographe peut ainsi remplacer le téléphone sur le circuit de plaque d'un amplificateur à lampes, sans qu'il soit nécessaire d'interposer aucun relais mécanique auxiliaire.

En résumé, l'emploi d'une armature de fer doux mobile sur pivots, et équilibrée mécaniquement et magnétiquement d'une manière aussi com-

plète que possible, permet de réaliser des appareils inscripteurs robustes, à très courte période et bien amortis. Ils soutiennent la comparaison avec les appareils à cadre mobile qui ne pourraient fournir les mêmes sensibilités et, surtout, les mêmes amortissements, qu'en exigeant l'emploi de puissants électro-aimants.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la réaction d'induit des alternateurs.* Note [1] de M. E. **Brylinski**, transmise par M. A. Blondel.

Dans les nombreux et intéressants travaux qui ont été publiés sur la réaction d'induit des alternateurs, il semble que les auteurs aient laissé systématiquement de côté l'introduction de l'hystérésis magnétique (se bornant à en tenir fréquemment compte par l'adoption d'une résistance fictive supplémentaire des enroulements).

La présente Note a pour but d'essayer cette introduction et d'examiner s'il est vraiment utile de compliquer encore la théorie existante.

D'après celle-ci, telle que l'expose M. Blondel, le courant que l'alternateur débite peut se décomposer fictivement en un courant $I_p \sin\omega t$ en phase avec la force électromotrice à vide, et un courant en quadrature $I_q \cos\omega t$.

Chacune de ces composantes $I_p \sin\omega t$ et $I_q \cos\omega t$ produit une force magnétomotrice en phase avec elle; cette force magnétomotrice produit un flux d'induction en retard de l'angle θ, d'après la simplification de Potier [2], et dont la valeur sera $a\mathrm{I}\sin(\omega t - \psi' - \theta)$, a étant un coefficient convenable. Il en résulte que le flux de réaction transversale ne sera pas égal, en valeur maximum, à $a\mathrm{I}_p$, mais à

$$a\mathrm{I}\cos(\psi' + \theta) = a(\mathrm{I}_p \cos\theta - \mathrm{I}_q \sin\theta),$$

et que le flux de réaction directe ne sera plus égal à I_q, mais à

$$a'\mathrm{I}\sin(\psi' + \theta) = a'(\mathrm{I}_q \cos\theta + \mathrm{I}_p \sin\theta),$$

a' étant un autre coefficient convenablement choisi dans certaines limites de fonctionnement.

On voit immédiatement l'influence assez simple de l'hystérésis sur la

---

[1] Séance du 21 juillet 1919.

[2] Par suite de l'hystérésis, le flux produit par un courant sinusoïdal est représenté par une série de Fourier; Potier la limite au premier terme, caractérisé par un angle de retard θ.

réaction d'induit. En principe, cette influence peut être considérable, si l'angle θ de retard est grand; d'autre part, certains essais effectués en vue de déterminer la résistance des rails d'acier, en courant alternatif, ont conduit à admettre, dans ces cas, des valeurs de $\sin\theta$ atteignant 0,4. On n'en saurait conclure qu'il en soit de même pour les alternateurs, où la puissance dissipée en chaleur par hystérésis est strictement limitée, mais il vaut la peine de chercher à s'en rendre compte.

On peut songer tout d'abord à utiliser, lorsqu'on en possède, une caractéristique à vide ascendante et descendante de l'alternateur en assimilant cette caractéristique à deux branches à une portion de courbe d'hystérésis provenant d'un champ sinusoïdal à basse fréquence. Mais chaque détermination de la tension à vide est une mesure de tension efficace résultant d'un grand nombre de cycles, de sorte qu'elle donne en réalité le sommet du cycle d'hystérésis correspondant à l'excitation employée. La caractéristique à vide apparaît ainsi comme la courbe des sommets des cycles, qui devrait être la courbe du magnétisme du fer vierge.

On peut, cependant, au prix de nombreuses approximations, se rendre compte de l'ordre de grandeur de cet angle en comparant la puissance P d'un alternateur à la fraction εP de cette puissance dissipée en hystérésis dans la machine.

Pour fixer les idées, nous supposerons que l'alternateur ait q phases, p paires de pôles et n spires d'induit par phase et par champ magnétique bipolaire, de sorte que le nombre des fils périphériques de l'induit sera égal à $2npq$.

La variation, pendant le temps dt, d'énergie perdue par hystérésis par unité de volume a pour valeur $\frac{\mathcal{H}\,d\mathcal{B}}{4\pi}$.

Envisageons un élément du tube d'induction magnétique, de surface équipotentielle dS et de longueur dl. La variation d'énergie magnétique de cet élément de volume pendant le temps dt sera

$$\frac{\mathcal{H}\,dl\,d\mathrm{S}\,d\mathcal{B}}{4\pi} = \frac{d\mathcal{E}\,d(d\mathcal{F})}{4\pi}.$$

Le long du tube d'induction, le flux $d\mathcal{F}$ reste constant; on peut donc intégrer le potentiel magnétique, ce qui donne, en appelant I_e l'excitation,

$$\frac{\mathcal{E}\,d(d\mathcal{F})}{4\pi} = \mathrm{N}\,\mathrm{I}_e \sin\omega t\, d(d\mathcal{F}).$$

Cette expression peut s'intégrer sur toute la surface équipotentielle, ce

qui donne pour la variation d'énergie magnétique dans tout le volume d'un champ magnétique bipolaire

$$\mathrm{NI}_e \sin\omega t\, d[\mathcal{F}_m \sin(2\omega t - \theta)] = \mathrm{NI}_e \omega \mathcal{F}_m \sin\omega t \cos(\omega t - \theta)\, dt,$$

ce qu'on peut encore écrire

$$\frac{\mathrm{NI}_e \omega \mathcal{F}_m}{2}[\sin(2\omega t - \theta) + \sin\theta]\, dt.$$

En intégrant pendant un nombre entier de périodes, le terme qui contient le temps dans le signe sinus disparaît, et si ce temps est égal à l'unité, on a, pour la puissance perdue par hystérésis dans l'alternateur entier,

$$\mathcal{E}\mathrm{P} = \frac{p\mathrm{NI}_e \omega \mathcal{F}_m}{2}\sin\theta.$$

D'ailleurs, la force électromotrice vraie, qui diffère assez peu de la tension aux bornes, a pour valeur efficace

$$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{K}np\omega\mathcal{F}_m}{\sqrt{2}}$$

et la puissance P peut se mettre sous la forme $q\mathrm{EI}$, en circuit non inductif, si l'on appelle I le courant normal d'induit, de sorte que

$$\sin\theta = \varepsilon\frac{\mathrm{K}nq\mathrm{I}}{\mathrm{NI}_e}\sqrt{2}.$$

En court circuit, on a approximativement

$$\mathrm{NI}_e = \mathrm{K}''qn\mathrm{I}_{cc}\sqrt{2} = \mathrm{K}'\mathrm{K}''n\mathrm{I}q\sqrt{2}$$

en appelant K′ le rapport du courant du court circuit au courant normal, et K″ le coefficient à appliquer aux ampères-tours de l'induit, ce qui donne finalement comme ordre de grandeur

$$\sin\theta = \mathcal{E}\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{K}'\mathrm{K}''}.$$

Dans cette formule, $\mathcal{E}$ vaut un ou deux centièmes, $\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{K}''}$ est de l'ordre de 2 et K′ est généralement égal à quelques unités. On voit donc que sin θ est de l'ordre d'un centième environ, autant qu'il est possible de s'en rendre compte par cette évaluation un peu grossière.

On peut en conclure que, sauf dans des cas très particuliers, par exemple si l'angle ψ venait à être très petit ou très voisin d'un droit, il sera inutile de tenir compte de l'hystérésis dans la réaction d'induit des alternateurs autre-

ment que par une majoration fictive de la résistance déterminée d'après l'énergie dissipée.

Il pourrait en être autrement si l'on venait, dans des buts très spéciaux, à construire des alternateurs dont une fraction importante de la puissance serait transformée en chaleur par hystérésis.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un procédé de téléphonie secrète.* Note [1] de M. E. **Poirson**, présentée par M. J. Carpentie.

Observations ayant conduit au principe du procédé. — Un courant téléphonique, *issu d'un transformateur téléphonique*, peut être déformé systématiquement, par un moyen mécanique, et sans superposition d'aucun courant électrique extérieur. On peut lui faire subir soit des interruptions périodiques, soit des inversions périodiques régulières.

Si l'on écoute dans un téléphone le courant téléphonique ainsi modifié, voici ce qu'on observe :

a. Interruptions périodiques de durée égale à celle des non-interruptions. Le Tableau suivant indique l'impression produite.

F. Nombre d'interruptions par seconde.	Observations.
0 à 125	Voix très altérée, rocailleuse, on comprend mal.
125 à 170	Voix moins altérée, on comprend mieux.
210 à 270	Voix très altérée, hachée, on comprend mal.
290 à 300	Voix redevient meilleure, on comprend mieux.
400 à 1500	Voix très hachée, presque incompréhensible.
2000 à 2500 et au-dessus...	A partir de 2000 périodes, la voix n'est plus altérée; la parole passe nette et claire.

Plus le temps d'interruption est court par rapport au temps de non-interruption, moins la parole est altérée.

b. Inversions périodiques. — Si, au moyen d'un commutateur tournant, on inverse périodiquement le courant téléphonique suivant le schéma ci-après (*fig.* 1), on produit une modification de sa composition harmonique d'autant plus profonde que la fréquence d'inversions est plus élevée. La parole devient tout à fait inintelligible; on entend toujours parler, mais

(1) Séance du 7 juillet 1919.

comme une langue étrangère et bizarre. Le Tableau suivant indique l'impression produite.

F. Nombre d'inversions par seconde.	Observations.
0 à 100.........	Parole compréhensible, mais comme enrhumée fortement.
150 à 170.........	Parole compréhensible, moins enrhumée.
200 à 250.........	Parole compréhensible, redevient plus altérée.
250 à 300.........	Parole compréhensible, redevient meilleure.
300 à 600.........	Parole peu compréhensible; la déformation augmente.
600 à 1000.........	Parole incompréhensible; mais il s'y superpose comme une voix soufflée, qui, elle, est compréhensible.
1050 et au-dessus....	A partir de 1050, la parole est tout à fait inintelligible, quelle que soit la fréquence.

Remarques curieuses. — Si l'on siffle un air de musique, il est rendu faux et déformé.

Le phénomène d'inversion est réversible; par exemple, à 3340 inversions

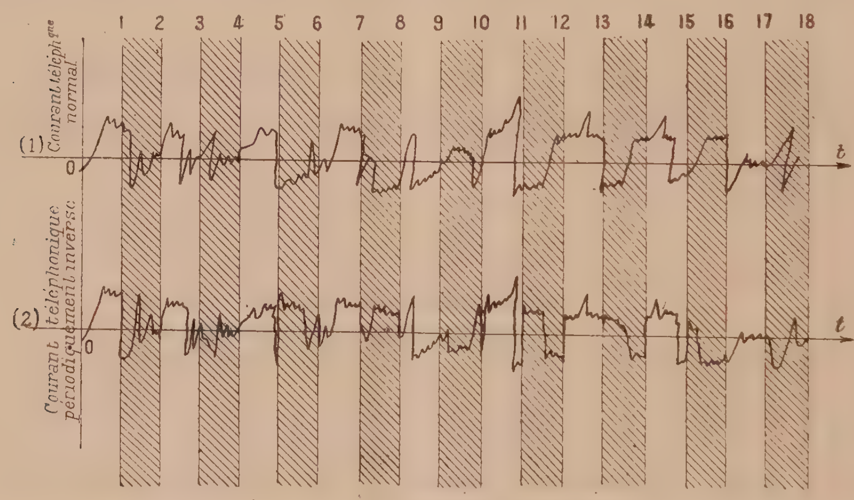


Fig. 1. — Oscillogrammes représentant :
(1) Un courant téléphonique normal. — (2) Un courant téléphonique périodiquement inversé.

par seconde, le mot *allô* devient *ôya*; si l'on prononce *ôya*, on entend nettement *allô*. On démontre qu'il doit en être ainsi.

Reconstitution du courant téléphonique primitif. — Le courant téléphonique inversé peut être redressé, à l'aide d'un commutateur identique à celui qui l'avait inversé, et l'on vérifie que ce courant téléphonique ainsi reconstitué dans son ordre normal reproduit intelligiblement la parole, nettement et sans altération.

Pour cela, il faut : 1° que le synchronisme existe entre l'appareil inverseur et l'appareil redresseur ; 2° que les deux appareils inversent en même temps (marche en phase).

Application à la téléphonie secrète. « Cryptophone ». — Ces propriétés ont été appliquées à la réalisation d'un appareil de téléphonie secrète, dénommé *cryptophone*. Cette réalisation a été faite à la Radiotélégraphie militaire, sous la direction du général Ferrié.

Il comporte un commutateur-inverseur adjoint à chaque poste téléphonique ; cet appareil inversant les courants normaux émis, ou redressant les courants inversés reçus, la conversation peut s'établir dans les deux sens, et les courants téléphoniques sont inintelligibles tout le long de la ligne de transmission ; on a donc bien la téléphonie secrète.

1° La condition de *synchronisme* entre les deux commutateurs éloignés est obtenue à l'aide de petits moteurs à courant continu, transformés en commutatrices monophasées et couplés par leurs bagues alternatives. Ils s'accrochent au synchronisme parfait, sans *balancements*, et les courants de synchronisation sont extrêmement faibles (1 milliampère).

La liaison de synchronisation peut alors être très résistante (synchronisation à très grandes distances). On utilise les fils téléphoniques eux-mêmes, avec la terre, pour constituer le circuit de synchronisation (circuit fantôme).

Chacun des petits moteurs M_1, M_2 est actionné par sa batterie locale, et la ligne n'a à transporter que des courants de synchronisation, très faibles. L'accrochage est automatique ; une petite lampe sur le fil de terre, à chaque poste, rend visible l'accrochage au synchronisme, par la cessation des battements qui se produisent d'abord.

2° Le réglage, à la *phase* convenable, du redressement des courants téléphoniques inversés, est obtenu, à chaque poste, au moyen d'un organe permettant de régler le calage des balais sur le commutateur-inverseur-redresseur. Le réglage expérimental, à l'oreille, tient compte du déphasage introduit par les constantes électriques du circuit.

Expériences réalisées. — De nombreuses expériences ont été faites, avec succès, sur longs circuits, tels que : Paris-Chantilly, Chantilly-Amiens, Chartres-Le Mans, Chartres-Saint-Brieuc, Chartres-Bordeaux, jusqu'à 600^{km} de distance.

On peut prévoir d'utiles applications, militaires ou privées, du cryptophone, ainsi que du dispositif de télésynchronisation qui y est employé.

ÉLECTROCHIMIE. — *Phénomènes de luminescence électrolytique présentés par certaines anodes métalliques* (1). Note de M. **James Lavaux**, présentée par M. A. Haller.

La présente Note est relative à des phénomènes encore incomplètement étudiés, que j'ai découverts en 1913 et que, dès cette époque, j'ai montrés à divers physiciens et chimistes.

Il s'agit de phénomènes lumineux, corrélatifs d'un état de polarisation anodique intense, que présentent dans certaines conditions d'électrolyse, que je préciserai pour chacun d'eux, divers métaux capables de donner, avec l'anion de l'électrolyte, des sels insolubles, adhérents et doués de résistivité. J'ai pu constater que ceux-ci présentent au passage du courant une résistance très grande, dans le sens où s'est polarisée l'anode et très faible pour un courant de sens contraire. Ce mode de conductibilité unilatérale, très connu pour l'aluminium, avec lequel il atteint un haut degré, entre 0 et 200 volts, dans les solutions de phosphates alcalins, se montre bien plus général qu'on ne le pense. Mais j'ai reconnu que l'interprétation, qui a généralement cours à son égard, n'est pas en accord complet avec les faits et semble très insuffisante. Aussi ai-je cherché à l'étudier et à trouver une explication plus satisfaisante.

Parmi les métaux que j'ai pu étudier jusqu'ici, les uns se sont montrés réfractaires, au moins avec les électrolytes que j'ai employés, à toute tentative de polarisation anodique. Tels sont le fer, le cuivre, le cadmium, le plomb, qui ne présentent non plus aucun phénomène lumineux. D'autres, au contraire, qui se laissent plus ou moins facilement polariser, manifestent des phénomènes de luminescence intenses, comme l'aluminium, le magnésium, le zinc, le bismuth. Ces phénomènes sont de plusieurs sortes et peuvent se ramener à deux types très différents d'aspect, et apparemment d'origine, que j'appellerai, l'un, d'après son apparence seule et sans vouloir au fond préjuger de sa nature, la phosphorescence, l'autre l'étincellement.

Le premier, très curieux et très mystérieux dans ses causes, présente l'aspect des corps phosphorescents. Seuls s'y sont prêtés jusqu'ici, parmi les métaux que j'ai rangés dans la seconde catégorie, ceux qui sont connus pour former des composés susceptibles de subir la phosphorescence cathodique dans le tube de Crooks, l'aluminium, le zinc, le magnésium. Au contraire, le bismuth ne manifeste nettement que l'étincellement, et m'a

paru inapte à ce genre de luminescence qui pourrait n'être, au fond, qu'une forme parente de la phosphorescence cathodique. En tout cas, il y a lieu de remarquer que ces phénomènes de phosphorescence électrolytique n'apparaissent que dans des champs électriques, très courts il est vrai, mais d'une intensité extrême, pouvant atteindre et même dépasser, comme je le montrerai pour l'aluminium, 100 fois celle de 3000 volts par centimètre, qui suffit, dans les tubes à vide, pour provoquer les rayons cathodiques et les rayons canaux, et, sous leur action, la phosphorescence des composés des mêmes métaux.

Quelle que soit la cause profonde de cette phosphorescence, elle apparaît comme un phénomène entièrement nouveau dans l'électrolyse, lié au fait d'une haute polarisation de l'anode et de la création à sa surface d'un champ électrique intense. La phosphorescence a lieu sans aucun bruit ni crépitement avec une dépense infime de courant et un très faible dégagement de chaleur, quand la polarisation est assez parfaite, comme c'est le cas avec l'aluminium. On ne peut pas la confondre avec un phénomène d'incandescence de la couche isolante pour diverses raisons que j'exposerai. Enfin elle paraît présenter le caractère d'un attribut normal de la lame polarisée, sous l'effet du faible courant qui la traverse.

L'étincellement, au contraire, paraît caractériser un fonctionnement anormal des appareils. Il se présente sous deux formes :

1° Sous l'aspect de petites étincelles brillantes, plus ou moins nombreuses, rares d'habitude, qui s'allument et s'éteignent continuellement, cantonnées surtout autour de l'anode, à la surface libre de l'électrolyte, là où existe la tendance au plus fort échauffement, en même temps que le point faible de la couche isolante que la formation a déposée sur l'anode et qui provoque la polarisation.

2° Sous forme d'une pluie de feu qui recouvre d'un scintillement de menues étincelles fugaces et changeantes toute la surface immergée de l'anode et lui donne l'apparence d'un ciel étoilé en continuelle transformation. C'est un phénomène du plus brillant effet, qui se produit quand on élève le voltage appliqué aux lames polarisées, plus haut que ne peut le supporter la résistance mécanique de la couche isolante, ou encore, parfois, lorsque s'élève trop, pendant la formation, la température de l'électrolyte, ce qui abaisse cette résistance mécanique.

Sous ces deux formes, l'étincellement est dû à la rupture momentanée de la couche isolante en des points où passe, pendant quelques instants, un courant assez intense pour volatiliser un filet liquide, d'où interruption, étincelle et crépitement particulier, tandis que, d'autre part, la couche isolante se reforme et bouche la déchirure.

L'étincellement ne représente en somme qu'une forme nouvelle, pouvant

s'appliquer à de grandes surfaces, sans grande dépense de courant, du phénomène d'illumination des électrodes très petites, au passage de courants intenses, observé par différents physiciens, étudié par R. Colley [1] et présenté sous une forme particulière par Righi, qui accompagne le fonctionnement de l'interrupteur primitif de Wehnelt et de ses modifications. R. Colley, étudiant au miroir tournant une petite électrode de platine montée dans l'eau acidulée sulfurique, suivant le dispositif qui est devenu plus tard l'interrupteur de Wehnelt, définit l'image qu'on y aperçoit, par cette comparaison d'un ciel étoilé, toujours changeant, que je lui ai empruntée. Elle dépeint bien l'aspect de la lame polarisée et survoltée que je décris, vue sans qu'il soit nécessaire de recourir aux miroirs tournants.

De tous les métaux que j'ai étudiés, l'aluminium présente au plus haut degré les phénomènes les plus beaux, les plus stables, les plus accessibles à l'expérience. Il montre à volonté une phosphorescence très brillante ou un étincellement éclatant. Pour le magnésium et le zinc, la phosphorescence est, comme la polarisation, beaucoup plus fugace, peu stable et difficile à étudier. Pour le bismuth, je n'ai pu déceler avec certitude que l'étincellement.

Je me propose d'étendre ces recherches à certains métaux que je n'ai pu encore étudier et, pour les autres, de les compléter jusqu'au point où il sera utile. Pour la plupart d'entre eux, l'intérêt de cette étude reste restreint au cas particulier du métal envisagé. Pour d'autres, au contraire, il peut présenter un caractère plus général, si les résultats obtenus sont de nature à jeter un peu de jour sur le problème complexe des phénomènes dont l'électrode polarisée est le siège, je veux dire sur le mécanisme de la *polarisation*, de la *conductibilité unilatérale* qui l'accompagne et de la *phosphorescence* qui s'y superpose, dans le cas de certains métaux. Pour ceux-là, je me propose de multiplier les expériences suivant les trois directives que je viens de citer. L'aluminium est, à ce point de vue, de beaucoup le plus important.

---

(1) R. Colley, *Journ. de Phys.*, t. 9, 1880, p. 155.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les indirubines.* Note de M. **Jh. Martinet**, présentée par M. A. Haller.

La première synthèse d'indirubine a été faite par von Baeyer ([1]) et la constitution en a été définitivement fixée par Wahl et Bagard ([2]). Elle répond à la formule

```
 /\___C   OC___/\
|  |   \\  |   |  |
|  |    \\ |   |  |
 \/ \/CO   C \/ \/
     N         N
     H         H
```

Nous avons préparé un certain nombre de ces colorants pour cuve par trois modes opératoires différents :

1° Par le procédé classique de condensation des isatines avec l'acide indoxylique, dans une atmosphère d'hydrogène en milieu légèrement alcalin.

2° Par condensation de ces mêmes isatines avec l'α-anilide de l'isatine, en milieu ammoniacal, dans un courant de gaz sulfhydrique. La solution se colore en vert et laisse bientôt déposer des flocons violets. Mais souvent une grande partie du produit cherché reste dans les eaux mères sous forme de leuco-dérivé. Celles-ci, filtrées puis chauffées au bain-marie dans un courant d'air, abandonnent encore du colorant.

3° On arrive au résultat attendu, avec une facilité remarquable, en projetant dans une solution acétique d'isatine chauffée au bain-marie la fondue technique de phénylglycine ; la solution se colore en violet, et en cinq minutes on obtient un feutrage de fines aiguilles d'indirubine substituée.

La fondue de phénylglycine et l'α-anilide de l'isatine nous ont été gracieusement offertes par M. Bourcart, de la Compagnie nationale des Matières colorantes, et par la Société pour l'Industrie chimique à Bâle que nous sommes heureux de remercier.

Nous avons ainsi préparé :

Avec l'isatine, l'indirubine ou indol-2-indol-3-indigo, bien connu.

Avec la méthyl-1-isatine, l'indol-2-(méthyl-1-indol)-3-indigo de Wahl et Bagard ([3]).

([1]) Baeyer, *Deutsche chem. Ges.*, t. 14, p. 1745.

([2]) A. Wahl et Bagard, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1382.

([3]) Wahl et Bagard, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 898.

Avec la méthyl-1-bromo-5-isatine, l'indol-2-(méthyl-1-bromo-5-indol)-3-indigo. F. 265°-266°.

Avec l'éthyl-1-isatine, l'indol-2-(éthyl-1-indol)-3-indigo. F. 198° [1].

Avec l'éthyl-1-bromo-5-isatine, l'indol-2-(éthyl-1-bromo-5-indol)-3-indigo. F. 250°-251°.

Avec la méthyl-5-isatine, l'indol-2-(méthyl-5-indol)-3-indigo. F. 289°, par projection sur un bloc Maquenne.

Avec la diméthyl-5.7-isatine, l'indol-2-(diméthyl-5.7-indol)-3-indigo. F. vers 337°, par projection.

Avec la triméthylène-1.7-isatine, l'indol-2-(triméthylène-1.7-indol)-3-indigo. F. 252°.

Avec la méthyl-5-triméthylène-1.7-isatine, l'indol-2-(méthyl-5-triméthylène-1.7-indol)-3-indigo. F. vers 265°.

Avec la méthyl-5-α-méthyltriméthylène-1.7-isatine, l'indol-2-(méthyl-5-α-méthyltriméthylène-1.7-indol)-3-indigo. F. 204°-205° de formule

H^3C — C — OC
CO C
N N
H
H^2C C — CH^3
C
H^2

Ces substances se présentent, généralement, sous forme d'un feutrage de très fines aiguilles brun violet, brillantes, à reflet métallique mordoré, assez peu solubles dans les solvants usuels. On emploie, pour la purification, l'alcool, l'acide acétique, l'aniline ou le benzoate d'éthyle.

Les solutions alcooliques rouge violet sont très rapidement décolorées à chaud par quelques gouttes de potasse, quand ces indirubines ont un substituant sur l'azote. Celles non substituées dans cette position se décolorent aussi, mais beaucoup plus lentement.

Ces colorants donnent, avec les hydrosulfites en milieu alcalin, des cuves jaune pâle qui teignent facilement la laine et la soie, mais qui ont peu d'affinité pour le coton. Elle augmente pourtant avec les substitutions. Les cuves d'indirubines monobromées obtenues n'ont encore qu'une affinité faible pour les fibres végétales, tandis que les dérivés tétrabromés de l'indirubine ordinaire sont utilisés.

---

[1] Baeyer, *Deutsche chem. Ges.*, t. 16, p. 2200.

Ces produits se dissolvent à froid dans l'acide sulfurique à 66° B, avec une coloration verte quand ils sont bromés et violette plus ou moins brunâtre quand ils ne le sont pas. Les solutions sulfuriques, abandonnées à elles-mêmes pendant quelques heures à la température ordinaire ou en quelques minutes au bain-marie, prennent une belle coloration rouge violet, celle d'un dérivé sulfoné bien soluble dans l'eau chaude, plus ou moins dans l'eau froide. Ces nouveaux colorants acides teignent directement les fibres animales en une teinte très voisine de celle fournie par les substances mères.

Il est à noter que tandis que le poids moléculaire, la volatilité, le point de fusion, la solubilité des indirubines obtenues varient d'une manière notable de l'une à l'autre, la coloration violet rouge des solutions alcooliques ou acétiques ne change pas sensiblement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Températures critiques de dissolution* (TCD) *dans l'aniline des mélanges d'hydrocarbures. Application à l'analyse des essences de pétrole* (¹). Note de MM. **Ch. Chavanne** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une Note précédente (²) se trouvent rassemblées, dans un Tableau, les TCD avec l'aniline des principaux carbures volatils au-dessous de 150° renfermés dans les essences de pétrole.

Pour les carbures acycliques, les valeurs observées sont assez voisines : 69° à 74°; elles s'écartent davantage pour les carbures cycliques saturés : 18° à 49°; enfin, les carbures aromatiques sont entièrement miscibles à l'aniline.

Sur ces remarques, il est possible de fonder, conjointement avec la distillation fractionnée, une méthode nouvelle d'analyse des essences de pétrole; mais avant de passer à ce cas, extrême par sa complexité, il nous faut envisager quelques mélanges plus simples.

I. *Mélange de deux carbures acycliques.* — Isohexane de l'essence de pétrole et heptane normal synthétique.

(¹) La présente Note fait directement suite à celle des mêmes auteurs qui figure dans les *Comptes rendus* du 9 juin (t. 168, p. 1111). Sa publication aurait dû précéder celle de la Note parue le 15 juillet (t. 169, p. 70). Dans la note infrapaginale (p. 71), au lieu de t. 168, p. 1111, il faut lire t. 169, p. .

(²) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1111.

II. *Mélange d'un carbure acyclique et d'un cyclique saturé.* — Heptane normal et méthylcyclohexane synthétiques.

L'expérience a établi que, dans ces deux cas, la TCD observée directement était conforme à celle que fournit le calcul par la règle des mélanges. La propriété est additive. En d'autres termes, pour de tels mélanges binaires, la composition quantitative est fournie par une mesure de TCD.

III. *Mélange de deux carbures cycliques saturés.* — 1° Mélange de deux isomères : cyclohexane et méthylcyclopentane; 2° Mélange de deux homologues : cyclohexane et méthylcyclohexane, méthylcyclohexane et *m*-diméthylcyclohexane.

Ici, l'accord n'est plus aussi parfait entre la valeur calculée par la règle des mélanges et la valeur observée directement. Bien que l'écart ne soit pas très notable, il vaut mieux éviter de faire appel à une additivité insuffisante. Il suffit, pour cela, que par un fractionnement assez serré d'une essence, on n'ait jamais à envisager un mélange renfermant à la fois deux carbures cycliques saturés.

IV. *Mélange des carbures aromatiques avec les autres carbures.* — Envisageons le cas du benzène; il n'y aura qu'à répéter pour le toluène et le métaxylène, puisque les écarts entre leurs points d'ébullition sont suffisants pour qu'on puisse, par un fractionnement assez serré, n'avoir jamais à envisager un mélange renfermant à la fois deux d'entre eux.

Les carbures aromatiques, sauf cas particuliers, ne sont jamais présents en proportions prépondérantes dans les essences, et ce qui suit n'a l'intention de s'appliquer qu'au cas général où leur teneur globale ne dépasse pas 10 à 15 pour 100.

Si l'on introduit dans une essence de pétrole, privée par nitration de tout carbure aromatique, des quantités connues et croissantes de benzène, il se produit une dépression de la TCD initiale; cette dépression s'accentue à mesure que s'accroît l'addition de benzène, et, en première analyse, elle lui est proportionnelle. Le coefficient de proportionnalité admis est 1,14. C'est-à-dire que si l'on connaît la dépression de la TCD dans l'aniline produite par une *certaine proportion centésimale* de benzène, cette proportion s'en déduit simplement en multipliant la dépression par le facteur 1,14.

Dans la réalité, ce facteur constant n'est pas absolument indépendant de la proportion de benzène : à mesure que croît la teneur en benzène, le coefficient croît légèrement.

Il n'est pas non plus absolument indépendant de l'essence envisagée,

c'est-à-dire des carbures acycliques ou cycliques saturés auxquels le benzène est mélangé.

Mais si l'on tient compte des proportions habituelles du benzène et des constituants dont la volatilité est voisine de celle du benzène, le coefficient 1,14 est suffisamment exact pour l'application.

De même pour le toluène le coefficient 1,19 et pour le xylène le coefficient 1,24.

Analyse quantitative d'une essence de pétrole passant au-dessous de 150° : — 1° *Détermination des carbures aromatiques.* — L'essence est fractionnée : le benzène se trouve réparti dans plusieurs fractions, mais chaque fraction ne renferme pas d'autre carbure aromatique.

On détermine la TCD avec l'aniline de chaque fraction; on élimine par nitration le carbure aromatique et l'on réitère la mesure de TCD. L'ascension de la TCD observée renseigne sur la proportion de benzène dans la fraction considérée. Un calcul évident fournit la teneur globale en benzène. On opère de même pour le toluène et pour le xylène.

2° *Détermination des carbures cycliques saturés.* — Les fractions débarrassées par nitration des carbures aromatiques sont soumises à un second tour de fractionnement conduit méthodiquement, de manière que chaque fraction ne renferme qu'un seul carbure cyclique saturé, ce carbure pouvant, bien entendu, se trouver disséminé dans plusieurs fractions consécutives.

Chacune des fractions est donc constituée par le mélange d'un carbure cyclique avec un ou deux carbures acycliques, mélange auquel s'applique l'additivité des TCD.

Si les frontières de fractionnement sont judicieusement choisies (et cela une fois pour toutes), la TCD qui revient aux carbures acycliques supposés seuls dans une fraction donnée est *connue* : il suffit de tenir compte des limites de la fraction et de l'application légitime du principe d'additivité. D'autre part la présence dans cette fraction d'un carbure cyclique saturé de TCD *connue* impose à cette fraction une TCD qui se combine à la précédente pour aboutir à la valeur de la TCD observée directement. On possède donc tous les éléments du calcul nécessaire pour fixer la proportion du carbure cyclique dans chacune des fractions où il peut se trouver. Un calcul évident rassemble sa teneur globale, et de même pour les autres.

Il est dès lors bien clair que la précision du résultat dépend de la perfection avec laquelle est réalisée la séparation par distillation fractionnée des divers carbures cycliques saturés.

Tous les éléments sont ainsi réunis pour fixer la composition de l'essence en carbures aromatiques (benzène, toluène, xylène) et en carbures cycliques saturés (cyclopentane et ses dérivés, cyclohexane et ses dérivés).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation spontanée des complexes organiques du cobalt.* Note de MM. **H. Colin** et **O. Liévin**, présentée par M. Charles Moureu.

Certains composés azotés du cobalt, les cobaltammines, les cobaltocyanures, sont avides d'oxygène. D'après Manchot ([1]), lors de l'oxydation à l'air des cobaltocyanures, la quantité d'oxygène fixée est double de celle qui correspond au passage de l'état cobalteux à l'état cobaltique.

Ce ne sont pas les seules combinaisons cobalteuses susceptibles de s'oxyder spontanément. Job ([2]) a étudié le système : sulfate de cobalt, tartrate de soude et soude; cette liqueur, d'abord rouge-violacée, devient rapidement verte, mais ici l'absorption d'oxygène se poursuit indéfiniment, le milieu organique réduisant la combinaison cobaltique qui se reforme sans cesse. C'est un exemple typique de transport d'oxygène.

Les sucres, un grand nombre de polyalcools et d'acides-alcools empêchent, comme l'acide tartrique, la précipitation du cobalt par les alcalis; et les liqueurs, fortement colorées, s'oxydent à l'air et verdissent. Colin ([3]) et Sénéchal ([4]), qui ont entrepris l'étude de tels systèmes, ont vérifié que certains d'entre eux absorbent une masse limitée de gaz.

Il y a lieu, en effet, de distinguer deux cas bien différents, suivant que la quantité d'oxygène fixée est finie ou dépasse toute limite.

La glycérine et l'acide lactique forment, avec le cobalt, des composés du premier type : les solutions bleue ou rouge-violacée verdissent facilement, si l'alcalinité du milieu est convenable; et elles absorbent au plus un atome d'oxygène pour un atome de cobalt. Encore ce maximum n'est-il pas atteint d'ordinaire : il existe vraisemblablement entre les combinaisons cobalteuse et cobaltique un équilibre dont la position varie avec la concentration en soude. Il faut, pour obtenir une liqueur franchement verte, opérer en présence d'une forte dose d'alcali, s'il s'agit de la glycérine; avec l'acide lactique, on peut à peine dépasser la neutralité. Toutes ces liqueurs

---

([1]) Herzog et Manchot, *Berichte d. d. ch. Ges.*, t. 23, 1900, p. 1742.

([2]) Job, *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 1045.

([3]) H. Colin et A. Sénéchal, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 625.

([4]) André Sénéchal, tué à la bataille de la Marne (1914).

vertes se décomposent lentement et leur stabilité dépend elle-même de la richesse en soude.

Plus généralement, l'oxydation des composés cobalto-organiques progresse au-delà de toute limite, comme dans l'expérience de Job. La mannite, l'érythrite, le glucose, etc., en combinaison avec le cobalt, se comportent comme l'acide tartrique. Il faut observer toutefois que le glucose s'oxyde déjà en milieu alcalin; la présence du cobalt ne fait qu'accélérer la vitesse de la réaction. La mannite et l'acide lactique, au contraire, ne sont pas touchés dans ces conditions; mais de très faibles quantités de métal suffisent à amorcer l'oxydation.

Voici le détail de quelques expériences :

On introduit 50$^{cm^3}$ de liqueur dans un récipient en verre de 145$^{cm^3}$; la température est maintenue à 20° et l'agitation régulière du liquide est assurée par un dispositif électrique. La proportion de gaz absorbée se déduit de la diminution de pression observée. Avec 2^g de glucose, 3^g de soude et des doses croissantes de cobalt, à l'état de sulfate, les masses d'oxygène fixées, après une heure d'expérience, sont les suivantes :

Co (en milliatomes).....	0.	0,01.	0,03.	0,05.	0,10.	0,16.	0,3.	0,5.	1.
O absorbé (en mg)...	6	7	10	12	13	14	16	16	17

On ne peut pas dépasser 1 milliatome sans provoquer la précipitation de l'hydrate métallique.

La coloration verte, dans le cas du glucose, est fugace, le composé cobaltique étant réduit rapidement. Le système mannite-cobalt donne des liqueurs vertes plus stables, qui néanmoins sont réduites, et ici encore la proportion d'oxygène croît indéfiniment.

On opère avec 2^g de mannite, 3^g de NaOH et 0,5 milliatome de cobalt (sulfate) :

Temps.	O absorbé.	Temps.	O absorbé.
	mg		mg
10 minutes	2,1	40 minutes	8,3
20 »	4,3	50 »	9,3
30 »	6,4	60 »	10,3

La quantité de 4^{mg} d'oxygène nécessaire pour atteindre le stade cobaltique est largement dépassée.

La vitesse d'absorption augmente avec la concentration en soude, jusqu'à un maximum.

[Conditions expérimentales : 2^g de mannite, 0,5 milliatome de cobalt (sulfate) doses croissantes de soude.]

Soude (en gr)	1,5	3	4,5	7,5	10,5
O absorbé (en mg) après 1 heure.......	6	10	12	12,5	9

Quelle interprétation convient-il de donner à ces phénomènes? Le cobalt en présence d'alcali forme avec les diverses matières organiques étudiées de véritables complexes; il se trouve dissimulé dans des ions électronégatifs dont la couleur varie du bleu au rosé. Ces complexes s'oxydent spontanément et verdissent; en même temps, la substance organique est attaquée. Si les produits résultant de cette oxydation secondaire sont capables de réduire le complexe vert, il y a transport continu d'oxygène; sinon, l'absorption est limitée.

GÉOLOGIE. — *L'Eocène phosphaté d'Oued Zem* (*Maroc occidental*). Note [1] de M. **P. Russo**, présentée par M. Ch. Depéret.

La falaise qui domine la vallée, où est installé le poste de l'oued Zem, est constituée par un ensemble crétacé dont j'ai déjà indiqué la constitution [2], présentant une succession de Cénomanien, de Turonien et de Sénonien.

Ces assises sénoniennes sont couronnées en haut par une barre formée par un calcaire à silex et à dents de squalidés, dont je n'avais pu, en 1915, définir exactement l'âge, faute de dents déterminables.

Cette barre étant phosphatée, j'avais bien pensé à la placer dans le tertiaire inférieur, dans l'Eocène phosphatifère, mais rien ne m'y autorisant paléontologiquement, je l'avais réunie aux assises sous-jacentes.

Cette barre se continue vers le Sud-Ouest, par la Gara Fassis, et va rejoindre les assises phosphatées d'El Boroudj.

Aussi bien la région d'El Boroudj que celle d'Oued Zem ne m'avaient, en 1915, fourni aucun fossile en état de conservation suffisant pour dater exactement l'âge de cette assise, dont j'avais marqué toutefois la continuité de la falaise d'El Boroudj à celle d'Oued Zem.

Des galeries et des tranchées ouvertes récemment dans un but industriel m'ont permis de trouver maintenant la roche fraîche et quelques bons fossiles, comme cela vient aussi de se produire vers El Boroudj (M. Brives), et j'ai pu constater que la continuité d'Oued Zem à El Boroudj est bien réelle et que la zone des calcaires phosphatifères d'Oued Zem est la portion orientale du plateau éocène.

---

(1) Séance du 21 juillet 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 136.

Cette assise, très mince à Oued Zem (15^m à 20^m), est formée d'un calcaire gris brun, complètement rempli de fragments de dents de poissons, et offrant de nombreux rognons de silex.

On y rencontre les espèces suivantes, dont je dois la détermination à M. Depéret :

Odontaspis cuspidata Ag. var. *Hopei* Le Hon ;

Otodus obliquus Ag. ;

Fragment de plaque dentaire de *Myliobatidé*.

(A noter que la présence d'un Myliobatidé suffirait seule à affirmer l'âge tertiaire de cette couche.)

Au-dessus existe un calcaire cristallin gris blanchâtre et un calcaire chamois que j'ai déjà décrits [1].

Au-dessous se montrent des calcaires tendres gréseux dorés, déjà décrits aussi et qui, dépourvus de fossiles, ressemblent étonnamment aux calcaires aturiens d'El Kantara, en Algérie ; je pense devoir les maintenir dans le Sénonien.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'utilisation des températures pour la prévision des variations barométriques.* Note de MM. **G. Reboul** et **L. Dunoyer.**

On sait que l'arrivée d'une dépression venant de l'Océan est, en hiver, presque toujours accompagnée d'une hausse de température (hiver doux), tandis que l'établissement d'un régime de haute pression s'accompagne d'une baisse de température (hiver rigoureux). Les variations de température précèdent assez souvent celles de la pression, de sorte que l'on peut parfois s'en servir pour prévoir les variations du baromètre.

I. Les règles qui utilisent les températures pour la prévision peuvent se rattacher aux types suivants :

1° Celles qui font intervenir *les valeurs absolues* des températures. Exemple : les zones de températures élevées sont favorables à la baisse barométrique, les zones de basses températures favorisent la hausse.

2° Celles qui font intervenir *la distribution* de ces températures : des lignes isothermes semblables aux lignes isobares constituent un argument en faveur de la stabilité barométrique, des isothermes orientées perpendiculairement aux isobares sont un signe précurseur d'un changement de régime.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 136.

3° Enfin les règles utilisant les *variations* de température : des températures en hausse sont favorables à la baisse du baromètre, des températures en baisse favorisent la hausse.

Quand on examine une série de cartes isobariques et isothermiques, il est facile de trouver des exemples vérifiant remarquablement l'une ou l'autre des règles qui précèdent. Mais si l'on veut discuter ces règles et en établir, en fonction des conditions de temps et de lieu, le coefficient de certitude, la difficulté est assez grande : les températures des diverses stations ne sont pas comparables entre elles, elles sont trop influencées par la position de la station et le voisinage du sol. Ces inconvénients sont un peu moins graves dans le cas des règles faisant intervenir les *variations* de température, aussi retiendrons-nous spécialement les règles du troisième type qui sont plus faciles à appliquer et à discuter.

II. Ces règles s'énoncent comme il suit :

1° *Les régions où la température est en hausse sont menacées par la baisse barométrique ;*

2° *Les régions où la température est en baisse sont menacées par la hausse barométrique.*

L'application se fait de la manière suivante : on établit une carte météorologique des variations de température des 24 heures, en reportant à la position de chaque station la valeur de la différence entre la température actuelle et celle de la veille; cette valeur est portée à l'encre rouge si la différence est positive, à l'encre noire si elle est négative. Un coup d'œil sur la carte fait voir de larges zones où la température est nettement en hausse ou en baisse; ces zones délimitent les régions que la baisse ou la hausse barométrique ont des chances d'envahir.

III. Le coefficient de certitude de ces règles, c'est-à-dire le rapport entre le nombre de cas où les règles sont vérifiées et celui des cas où l'on en fait l'application, dépend essentiellement des saisons; le Tableau suivant donne les valeurs de ce coefficient pendant la période s'étendant de juillet 1917 à juillet 1918 :

Mois :	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Maj.	Juin.
Règle 1...	0,63	0,66	0,50	0,73	0,66	0,75	0,68	0,71	0,62	0,41	0,58	0,55
Règle 2...	0,54	0,45	0,50	0,73	0,71	0,66	0,61	0,61	0,56	0,61	0,56	0,52

Hiver... { 0,70 / 0,65   Été... { 0,55 / 0,53

On voit que ces règles présentent, pendant les mois d'hiver, le même

intérêt pratique que celles que nous avons indiquées pour le vent au sol ou pour les vents de sondages. Pendant les mois d'été, au contraire, elles sont pratiquement inutilisables, puisque leur emploi nous induira en erreur environ une fois sur deux.

IV. La discussion précédente montre que les règles s'appliquent mieux lorsque la température du continent est inférieure à celle de l'Océan. On peut donc s'attendre à ce que leur application donne de meilleurs résultats sur les régions où la température moyenne est plus basse que sur celles où la température est plus élevée. Comparons, par exemple, la valeur des coefficients de certitude pendant les six mois d'hiver 1917-1918, sur la région méditerranéenne (latitude de 35° à 45°) et sur les régions ouest de l'Europe centrale (latitude de 45° à 60°).

Mois :	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.
Région méditerranéenne...	0,53	0,50	0,51	0,53	0,54	0,62
Région Europe centrale....	0,64	0,65	0,76	0,64	0,64	0,72

Valeur moyenne.	Région méditerranéenne....	0,53
	Région Europe centrale.....	0,67

En résumé, les règles ne sont pratiquement applicables en Europe que pendant les mois d'hiver et sur les régions de latitude supérieure à 45°.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations florales chez la Grande Marguerite* (Leucanthemum vulgare, *Lamarck*). Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. Guignard.

La Grande Marguerite présente, avec le Coquelicot, la particularité de se développer en grandes colonies au cours des années qui suivent le défrichement des clairières et des terrains vagues. Je l'ai observée en 1911, à la suite du labour d'une clairière du Parc de Meudon (Seine-et-Oise) pour y installer une pépinière; les terrains bouleversés par les bombardements et les tranchées de la grande guerre en fournissent quantités d'exemples. Après quelques années d'un développement magnifique, les colonies diminuent, les individus perdent leur vigueur première; les Graminées, les Légumineuses et beaucoup d'autres herbes s'emparent du terrain, étouffent Marguerites et Coquelicots, qui n'apparaissent plus que sporadiquement, en quantité suffisante toutefois pour l'ensemencement des grandes colonies, lorsque les conditions convenables se renouvellent.

La période d'*étalement des colonies* est très *favorable à la variation* des caractères héréditaires et j'en ai étudié plusieurs cas :

Une colonie de Grandes Marguerites qui m'a offert des modifications très variées se développe depuis 1915 sur l'emplacement d'une mare récemment désséchée, bordant la Forêt de Longuenée (limite N.-O. du territoire du Plessis-Macé, Maine-et-Loire). Je l'ai observée dans la première quinzaine de juillet 1919; elle comprend plus d'un millier de plantes, groupées sur 50^m de long et 6^m à 8^m de large, dont la croissance a été favorisée par une coupe récente du taillis de Chênes. Elle attire l'attention : 1° par l'*uniformité de croissance* de tous les individus, âgés de 3 ans et 2 ans, dont les grappes de 5 à 10 capitules sont au même stade de floraison; 2° par la *grosseur des tiges* (3^{mm} à 7^{mm} à la base), creuses, peu nombreuses (3 à 12 par plante) toutes velues et bien garnies de feuilles; 3° par la *taille très élevée* des tiges (80^{cm} à 150^{cm}) alors que la même espèce dans les environs de Paris et dans les champs de Maine-et-Loire est comprise entre 40^{cm} et 70^{cm}; 4° par la beauté des *capitules très fournis* en fleurons ligulés blancs, donnant l'impression nette d'un début de duplicature; 5° par *diverses anomalies* de croissance et plusieurs divergences qui méritent d'être exposées :

a. J'ai trouvé 5 *plantes fasciées*, dont 2 donnant des lames étalées de $1^{cm},5$ à 2^{cm}, subdivisées en lanières plus étroites, enroulées, ou soudées en piliers à 2, 3, 4 et 5 pans que terminent des crêtes de capitules soudés et distribués comme leurs pédoncules; ce sont des caractères propres aux fascies de la famille des Composées;

b. En aucun cas, je n'ai observé la métamorphose de fleurons jaunes hermaphrodites en fleurons ligulés blancs; mais sur le pourtour d'un capitule terminal d'une plante très fasciée, *un seul fleuron ligulé* était métamorphosé en *fleuron tubuleux*, modification qui distingue chez les Chrysanthèmes cultivés les sections à ligules planes des Chrysanthèmes à tuyaux.

c. La tendance à la *duplicature par multiplication* des fleurons ligulés était fort accusée. Je donne les dénombrements des ligules présentées par 100 capitules terminaux de *Leucanthemum vulgare* de Meudon, en culture depuis 10 ans, et par 100 capitules latéraux (troisième à partir du bouton-couronne non compris) de la même espèce du Plessis-Macé :

	Nombre de ligules par capitule.											
	15.	17.	19.	21.	23.	25.	27.	29.	31.	33.	35.	37.
Meudon (10 ans).........	6	19	23	30	15	7						
Le Plessis-Macé (3 ans)...		1	4	10	7	27	6	9	11	19	4	2

Sur quelques capitules terminaux du Plessis-Macé, j'ai trouvé jusqu'à 47 ligules. On sait que ces grands nombres traduisent des conditions meilleures de nutrition; les capitules terminaux ont toujours plus de ligules que les latéraux. La pratique de l'ébourgeonnement des Chrysanthèmes de Chine, pour la production des grosses fleurs, repose sur cette constatation commune.

d. Malgré l'uniformité d'aspect des plantes, les *feuilles* présentent des variations très nombreuses, à peine marquées pour les tiges d'un même individu, très sensibles entre les feuilles placées au même niveau d'individus différents; avec larges oreillettes

basilaires, ou rétrécies à la base; à limbes longs et larges, étalés en spatule ou courts, terminés en fer de flèche; à lobes rares ou nombreux, simples ou dentés.

e. L'étude, faite à la loupe, des *fruits*, dont les caractères ont une grande importance pour la classification des genres et des espèces de la Tribu des Chrysanthémées, m'a fait découvrir des *variations marquées dans l'ornementation des akènes* provenant des fleurons ligulés. Sur 25 individus, 21 ont bien les caractères propres au *Leucanthemum vulgare*, c'est-à-dire des akènes nus, sans couronne, ni aigrette; 2 offrent des couronnes bien marquées (attribut des bonnes espèces *L. lanceolatum*, *heterophyllum*, *corsicum*, *montanum* de de Candolle); 2 ont des couronnes à demi développées, ou irrégulièrement développées selon les fleurons et les capitules.

En résumé, de même que pour le Coquelicot [1], dans des conditions très favorables au développement végétatif, une même colonie de *Leucanthemum vulgare* a montré, dans les premières années de son extension, des variations marquées dans les caractères utilisés pour la classification des espèces et des sous-genres (ornementation des akènes), dans les caractères qui permettent de sérier les espèces élémentaires et les formes locales (lobes et contour des feuilles), dans les caractères qui sont fixés pour certaines variétés horticoles (duplicature par multiplication des ligules, métamorphose de fleur ligulée en fleur tubuleuse), le tout accompagné d'anomalies graves (fascies et enroulement hélicoïde des tiges) chez quelques rares individus.

BOTANIQUE. — *Modifications anatomiques des racines par action mécanique.* Note de Mme **E. Bloch**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une précédente Note [2], nous avons indiqué les premiers résultats obtenus expérimentalement, en exerçant une compression extérieure sur les tiges ou sur les racines de quelques plantes.

Ce travail était fait dans le but de reproduire par l'expérience certaines dissymétries de structure observées sur des plantes ayant poussé dans des terrains pierreux ou dans des fissures de rochers.

Nous avions aussi en vue la recherche des facteurs qui agissent sur les racines ou les tiges lorsqu'elles se développent dans des milieux variés

---

[1] L. Blaringhem, *Variations dans le Coquelicot* (Papaver Rhoeas, *L.*) (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 1294).

[2] Mme E. Bloch, *Sur les modifications produites dans la structure des racines et des tiges par une compression extérieure* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1701).

(air, terre, eau) et présentent, de ce fait, les différences anatomiques remarquables qui ont été mises en évidence par Costantin [1].

La technique employée pour les expériences a déjà été indiquée sommairement dans notre premier travail. Bien qu'elle ait subi des modifications de détail, nous n'y insisterons pas ici. Nous nous contenterons de compléter les résultats déjà exposés, qui se rapportaient presque exclusivement à la dissymétrie de structure et à la lignification des tissus médullaires.

Notons d'abord que les plantes à racines et rhizomes comprimés, qui avaient été, au début, recueillies par nous dans des terrains pierreux, avaient fleuri et fructifié normalement. De même, toutes les plantes développées à partir de la graine et soumises à des compressions expérimentales (*Raphanus raphanistrum*, *Helianthus annuus*, *Impatiens Royelana*, *Solanum oleraceum*, *Polygonum tataricum*, *Soja hispida*, *etc.*) ont fleuri et fructifié normalement.

Donc, la compression, qui produit des modifications locales très importantes, n'a pas d'influence sur le développement général de la plante.

Ce résultat est d'autant plus remarquable que certains de nos échantillons subissent, sous l'influence de la compression, des déformations locales surprenantes : ainsi une racine de *Raphanus raphanistrum*, dont le diamètre moyen est de 10^{mm}, est réduite à 2^{mm} sur une hauteur de 20^{mm} par l'action d'un tube de verre extérieur, et cet exemple n'est pas isolé.

Au point de vue anatomique, voici quelques-uns des résultats obtenus : La surface de l'écorce a une structure très différente suivant qu'elle se développe au contact du verre ou au contact de la terre. Dans le premier cas, nous observons un épiderme à cellules isodiamétriques, régulières, légèrement cutinisées et ne formant qu'une assise de cellules, tandis que la racine poussant dans la terre a des formations subéro-phellodermiques avec assises de liège en files plus ou moins irrégulièrement développées. Ces résultats expérimentaux sont à rapprocher des faits que l'on peut observer dans la nature, sur le lierre, par exemple. La tige grimpante de lierre, appliquée sur un support par ses crampons, a des formations subéro-phellodermiques au contact du support et un épiderme simple du côté exposé à l'air.

Une autre modification générale dans les échantillons comprimés est

---

[1] J. Costantin, *Influence du milieu sur la racine* (*Annales des Sciences naturelles*, 7e série, t. 1, 1885); *Étude comparée des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones* (*Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t, 16, 1883).

la réduction totale ou presque totale de la moelle, souvent accompagnée d'une lignification abondante des rayons médullaires.

Chez les espèces qui, normalement, ont des fibres (*Solanum oleraceum*), l'emprisonnement dans les plaques ou tubes de verre empêche le développement de ce tissu dont il ne reste aucune trace.

Par contre, les plantes à liber interne, comme le *Solanum oleraceum*, continuent à différencier ce tissu dans les échantillons comprimés.

On peut tirer de l'ensemble des résultats obtenus quelques conclusions générales : certains tissus varient avec les conditions mécaniques du milieu (nature du milieu ambiant, compression extérieure); on peut les appeler *tissus d'adaptation*. On a vu que ce sont soit des tissus de protection comme l'épiderme, soit des tissus de soutien comme les fibres et le parenchyme médullaire, soit des tissus de réserve comme la moelle.

Les autres tissus, au contraire, que l'on peut appeler *tissus fonctionnels*, continuent à se développer à peu près normalement dans tous les cas. Les vaisseaux du bois peuvent être moins nombreux et plus étroits que dans les échantillons témoins, mais subsistent cependant et ne se modifient que dans l'ensemble. Il en est de même pour le liber; ainsi le liber interne peut subsister alors que la moelle qu'il enveloppe d'ordinaire a disparu.

En résumé, il est possible de reproduire par l'expérience non seulement les structures dissymétriques observées dans la nature sur certains végétaux, mais encore les modifications anatomiques qui résultent dans certains cas de l'influence du milieu.

On peut tenter de chercher dans cette voie le principe de l'explication de ces phénomènes.

PHYSIOLOGIE. — *Ration d'entretien. Besoin minimum de sucre et besoin minimum de graisse.* Note de M. **H. Bierry**, présentée par M. Roux.

Les physiologistes admettaient, tout récemment encore, que pour assurer l'équilibre de l'adulte ou la croissance du jeune, le minimum d'azote pouvait être emprunté à toute espèce de substance protéique et que le besoin alimentaire restant pouvait être couvert indifféremment par les graisses ou les hydrates de carbone. Cette manière de voir a été récemment modifiée, en ce qui concerne les aliments azotés, à la suite de travaux qui ont mis en relief toute l'importance de la constitution moléculaire de ces corps, mais on continue à faire jouer un rôle spécial aux albumines dans la nutrition, et on considère toujours les aliments ternaires comme n'étant pas des substances spécifiquement indispensables.

En ce qui concerne ce problème, l'observation de collectivités ou d'individus choisissant librement leur nourriture ne peut donner qu'une réponse approchée, elle montre que les sucres et les graisses peuvent se remplacer mutuellement dans de larges proportions; elle ne démontre pas que chaque aliment peut tenir complètement la place de l'autre, et que les substitutions isodynames, entre aliments ternaires, ne sont pas pratiquement limitées.

A la suite de précédentes recherches (nous avons posé la question dès 1912 à la suite d'expériences publiées à cette date) (1) et de recherches en cours, nous sommes amené à aborder ces questions et à envisager la nécessité d'un quantum de sucre et d'un quantum de graisse dans la ration.

Voici résumés les arguments qui, selon nous, permettent de considérer les matières hydrocarbonées et les matières grasses comme aliments spécifiquement indispensables : les sucres et les graisses ont *un rôle plastique et un rôle fonctionnel*, rôles qu'on a attribués jusqu'ici aux seules protéines.

1° *Rôle plastique.* — Les hydrates de carbone entrent en qualité et en quantités différentes : dans la constitution des acides nucléiques (pentoses ou hexoses), des cérébrosides (galactose), des mucoïdes (glucosamine), dans la constitution moléculaire des protéines du plasma des divers animaux (glucose), etc. Ainsi unis aux purines, aux acides gras (lignocérique, phrénosinique, etc.), aux acides aminés, les hydrates de carbone font partie de groupements prosthétiques caractéristiques de l'animal, du tissu, du noyau même de la cellule.

Les matières grasses, ou tout au moins certains de leurs constituants, dans des combinaisons les plus variées (éthers d'alcools et d'acides gras, saturés ou non, hydroxylés; phosphatides, etc.) et à des taux les plus divers (2) font partie, comme les albumines et les sucres, des constituants essentiels de toutes les cellules.

C'est dire que le rôle nécessaire de ces substances ne saurait être mis en évidence dans des expériences ou la ration est composée d'aliments naturels.

2° *Rôle fonctionnel.* — Les hydrates de carbone n'ont pas seulement

---

(1) H. Bierry et P. Portier, *Société de Biologie*. 8 juin 1918. — H. Bierry, *Ibid.*, t. 82, p. 124 et 530.

(2) Les travaux de J.-B. Leathes, Mac Lean et Williams, etc., ont mis en évidence les différences qualitatives et quantitatives en « *graisses* » des divers tissus.

un rôle énergétique, comme on l'admet jusqu'ici, mais ils ont un véritable *rôle fonctionnel* et plus particulièrement *chimique* que nous allons exposer. D'abord, il n'est pas prouvé que les divers sucres soient interchangeables dans la ration d'une manière indéfinie, car le pouvoir d'isomérisation et de synthèse de l'organisme animal paraît être restreint, tout au moins dans certains cas : le lévulose peut encore être transformé en glycogène par le diabétique, alors que le glucose ne l'est plus.

On sait que chez un sujet alimenté à la manière ordinaire et recevant une ration de protéines supérieure au minimum indispensable, l'apport d'un surplus d'hydrates de carbone a pour résultat d'abaisser la quantité de l'azote urinaire (Bischoff et Voit, Lüthje, Cathcart). Il est également hors de conteste que le *jeûne hydrocarboné*, chez l'homme et les animaux, entraîne le passage dans l'urine d'acides acétylacétique et β-oxybutyrique en quantité qui ne le cède en rien, comme intensité, à ce qui se passe chez le diabétique, et que parallèlement l'ammoniaque urinaire augmente.

H. Zeller étudiant, avec la méthode des bilans, le métabolisme de l'azote chez l'homme et le chien, montre que l'excrétion azotée varie avec la proportion des trois aliments. Des expériences, que nous poursuivons, établissent que le passage d'acide acétylacétique dans l'urine ne peut être évité, chez le rat, avec une ration composée d'albumines, d'hydrates de carbone et de graisses qu'autant qu'il existe un certain rapport entre ces corps, rapport qui dépend de la constitution moléculaire de ces aliments.

Les matières sucrées ont donc *un rôle chimique* solidement établi aussi bien en ce qui concerne le métabolisme des albumines que le métabolisme des graisses. Le métabolisme des acides aminés et des acides gras (cétogènes), en particulier, est conditionné par les hydrates de carbone. On peut ajouter que l'élimination de l'azote ammoniacal est pour une part réglée par ces mêmes substances. Il y a là un moyen d'investigation nouveau de la valeur alimentaire d'un sucre donné.

J.-B. Dumas et Boussingault, Payen ont constaté l'influence nettement favorable des matières grasses à partir d'un certain taux dans les régimes naturels. Voit, Graham Lusk, Maignon, Starling, Halliburton, ont appelé l'attention à nouveau sur l'utilité de la graisse dans l'alimentation. J'ai été amené à poser la question du *besoin minimum de graisse* dans la ration à la suite d'expériences sur le *jeûne lipéique* (1).

Si l'on considère que certaines matières grasses fournissent à la fois *un*

(1) Je propose ce mot pour désigner la suppression complète du seul aliment « *graisses* » dans le régime.

apport énergétique, un apport en vitamines et *un apport en sucre* [1] (glycérine des graisses neutres, galactose des cérébrosides, acide α-glycérophosphorique des phosphatides, etc.), on voit que le problème de la ration doit être considéré d'un point de vue nouveau. Il est nécessaire d'instituer parallèlement des régimes avec et sans vitamines (facteurs A et B) et comprenant d'autre part des protéines, des graisses et des sucres de constitution moléculaire bien déterminée [2].

En résumé : les accidents du métabolisme ne sont éliminés que si les albumines, les sucres et les graisses de la ration se trouvent dans un rapport déterminé. Il existe un minimum de sucre et un minimum de graisse, comme un minimum d'albumine ; ou plutôt il existe des *minima de sucre* et des *minima de graisse* (au sens le plus large du mot) variant avec la structure moléculaire et la fonction chimique des aliments qui composent la ration.

MORPHOLOGIE. — *Épiphyses et cartilage de conjugaison chez les Mammifères.* Note [3] de M. L. **Vialleton**, présentée par M. Henneguy.

Le point d'ossification diaphysaire consiste d'abord dans la virole osseuse périchondrale. Il forme au début un anneau creux parce que l'os enchondral qui correspond à cette dernière est très discret et disparaît bien vite pour faire place à la cavité médullaire primitive. Bientôt l'ossification enchondrale se poursuit vers les deux extrémités de l'os en formant une masse importante de travées ou de lames osseuses verticales, anastomosées entre elles. Contrairement à des assertions basées sur l'examen de cas particuliers ou d'os trop jeunes, l'os enchondral ne se termine pas par une surface plane mais par une ou plusieurs saillies qui s'emboîtent dans le cartilage de l'extrémité, comme l'ont fait remarquer, il y a longtemps, Rambaud et Renault. La croissance de l'os diaphysaire est plus ou moins rapide suivant les os et suivant les espèces. Dans les pièces proximales des

(1) Nous avons déjà fait remarquer que certaines albumines peuvent renfermer des sucres ou des substances génératrices d'hydrates de carbone dont il faut tenir compte, et que, de plus, si l'on ne prend certaines précautions, touchant la préparation et la purification des albumines employées comme aliments, on peut avoir un apport en vitamines.

Nous ferons remarquer également que les chiffres, donnés jusqu'ici, concernant la teneur en hydrates de carbone des divers organes et tissus aminaux pouvant servir à la nourriture, ne sont pas exacts ; ils sont beaucoup trop faibles.

(2) Ces régimes doivent assurer l'équilibre de l'adulte, la croissance normale du jeune et la reproduction pendant plusieurs générations successives.

(3) Séance du 21 juillet 1919.

membres cet os atteint, à peu près à la naissance, le point où se trouve le cartilage de conjugaison. Dans les pièces distales son extension est beaucoup moins rapide.

Le cartilage de conjugaison est une lame de cartilage jeune, placée non pas, comme on le représente souvent, au point où la tête se continue avec la diaphyse, mais en plein dans la tête, au niveau de son plus grand diamètre transversal. Il n'est pas formé par ce qui reste du cartilage entre l'os diaphysaire et le noyau osseux de l'épiphyse, car il existe déjà avant l'apparition de ce dernier ou en dehors de lui, lorsque ce noyau est encore très petit. Ce cartilage s'observe en outre chez les Oiseaux où il n'y a jamais d'épiphyses osseuses et chez les Sauriens, où celles-ci sont très tardives, ou même ne se forment jamais.

Chez les Mammifères le cartilage de conjugaison n'est pas plan comme on le figure schématiquement, ni simplement ondulé ou même gondolé; mais il offre une forme très tourmentée quoique très précise, différente pour chaque extrémité osseuse dans une même espèce et pour la même extrémité dans les différentes espèces. Arthur Thomson a fait remarquer que la suture diaphyso-épiphysaire, représentée par le cartilage de conjugaison, a la forme d'une série de projections coniques de la diaphyse emboîtées dans des cavités correspondantes de l'épiphyse. Cet emboîtement est si parfait que dans les premières phalanges des animaux de boucherie, si l'on fait disparaître le cartilage par l'ébullition, il est impossible de déplacer latéralement les deux segments de l'os remis dans leur situation naturelle. La même chose s'observe, à des degrés divers, dans les autres os.

A. Thomson pense que la forme de cette suture est déterminée directement par le fonctionnement du membre et il a donné, pour le distum du fémur, la description d'une série de formes qui témoigne en faveur de cette idée. Mais comme les épiphyses apparaissent souvent (Ongulés) avant la naissance, on ne peut pas dire que leur forme tient à cette cause. Elle paraît plutôt en rapport avec celle de la tête osseuse et avec le fait que le cartilage de conjugaison, étant situé en plein dans celle-ci, se trouve en rapport par sa face diaphysaire avec le bulbe de l'os, à la forme compliquée duquel il doit s'adapter. En effet, l'os enchondral s'épanouit dans le bulbe de l'os en faisceaux divergents et inégaux de travées osseuses. Ces travées ne peuvent être formées que par des files de cellules cartilagineuses dirigées comme elles-mêmes, et, comme ces files sont toujours perpendiculaires au plan du cartilage de conjugaison, ce dernier doit avoir lui-même des directions variables suivant les points.

C'est donc dans le mode d'accroissement et dans la forme de l'os, plus

que dans une raison de solidité articulaire, qu'il faut chercher la cause de la forme compliquée du cartilage de conjugaison. D'ailleurs, on sait que les prétendus décollements épiphysaires se font dans l'os et non dans le cartilage. D'autre part, lorsque la forme de la tête osseuse est simple, comme dans le distum des premières phalanges, l'accroissement se fait par une bande de cartilage située à quelque distance de la surface articulaire qu'elle suit, et qui se comporte comme un véritable cartilage de conjugaison. Le cartilage compris entre cette bande et la surface articulaire renferme de gros vaisseaux comme les cartilages épiphysaires.

Le cartilage de conjugaison s'accroît à la fois en longueur et en largeur comme la tête osseuse elle-même. Sur ses bords, il est en rapport (Ollier) avec le périoste qui suit ainsi l'accroissement transversal de cette dernière.

La face diaphysaire du cartilage de conjugaison prend une part très considérable à l'allongement de l'os et qui diffère pour l'une et l'autre extrémité du même os. L'accroissement sur sa face épiphysaire est au contraire très faible et presque insignifiant. L'épiphyse est toujours une plaque assez mince, relativement à la tête de l'os. Elle peut être formée d'un ou de plusieurs noyaux osseux qui se réunissent plus ou moins tard. C'est là un épisode de l'ossification dont la signification est encore obscure, mais de ce que l'on sait déjà, de ce qui a été dit ci-dessus et d'observations comparatives qu'on trouvera plus loin, il est clair que ce n'est pas l'épiphyse osseuse qui importe, mais le cartilage qui doit prendre la première place dans les considérations sur la formation des os. De cette manière, le problème de cette formation est porté sur son vrai terrain et étendu à tous les cas, car le cartilage de conjugaison ne s'observe pas dans les os longs seulement, mais dans tous les os. Ainsi le cartilage unissant les arcs et le corps de la vertèbre est un vrai cartilage de conjugaison.

Le cartilage est l'instrument de l'accroissement de la plupart des pièces du squelètte, du moins dans le développement normal. Cet accroissement s'effectue dans tous les sens tant qu'il existe du cartilage et la prolifération énorme du cartilage de conjugaison dans le sens de la longueur ne doit pas faire oublier son accroissement dans le sens transversal.

CYTOLOGIE. — *Cytologie du sang des chenilles de Macrolépidoptères.* Note de M. A. Paillot, présentée par M. P. Marchal.

La cytologie du sang des Invertébrés nous est assez bien connue depuis les travaux déjà anciens de Graber (1871) et Cattanes (1889), et surtout ceux plus récents de Cuénot, Kollmann et Hollande.

En ce qui concerne plus spécialement le sang des Insectes, on distingue, comme chez les Vertébrés, des types d'éléments bien différents. Pour Cuénot, certaines de ces catégories ne représentent, en réalité, que des stades différents de l'évolution de cellules initiales. Il y aurait ainsi un stade I, représenté par des cellules à gros noyau occupant presque tout le corps de la cellule : ce sont les *proleucocytes* de Hollande, qui se multiplient par karyokinèse et donnent naissance aux éléments du stade II, représentés par des cellules plus grosses, généralement fusiformes, capables de phagocyter : ce sont les *phagocytes* du même auteur. Ce dernier stade peut se transformer en *cellules granulées*, mais seulement chez quelques Insectes. On trouve aussi dans le sang de tous les Insectes, les *œnocytes* de Wielowiejski ou *œnocytoïdes* de Hollande, et les *cellules à sphérule* sur la nature et le rôle desquelles on est encore mal fixé.

Mes recherches ont porté sur le sang des chenilles d'*Euproctis chrysorrhea*, *Lymantria dispar*, *Pieris brassicœ*, *Vanessa urticœ*, *Eriogaster lanestris*, *Arctia caja*, *Agrotis segetum*. L'étude a été faite sur sang frais et sur frottis colorés et, comparativement, sur sang de chenilles normales et chenilles infectées artificiellement. Les résultats auxquels je suis parvenu, après examen du sang de milliers de chenilles saines ou infectées, contredisent, sur certains points, ceux des auteurs précités.

On trouve généralement, dans le sang de toutes les chenilles, les proleucocytes et les phagocytes de Hollande ; ces derniers se présentent le plus souvent, non sous l'aspect fusiforme, mais sous la forme arrondie ; ils sont beaucoup plus nombreux que les premiers et se multiplient par karyokinèse; leur protoplasme est en général très basophile. Ils ne phagocytent pas les microbes entomophytes susceptibles de pénétrer dans le protoplasme cellulaire (certains microbes expérimentés ne possèdent pas cette propriété). Le pouvoir d'englober les microbes appartient en propre à d'autres éléments dont il n'a pas été fait mention jusqu'ici : ces phagocytes vrais ne se présentent jamais sous la forme de fuseau; ils sont arrondis ou de forme plus ou moins irrégulière; leur noyau est plus petit que celui des éléments fusiformes; après coloration au Giemsa, le protoplasme apparaît coloré en bleu pâle, il est souvent vacuolaire; chez les chenilles de *Pieris brassicœ* il renferme souvent de petits granules réfringents.

Enfin, chez les chenilles d'*Euproctis chrysorrhea*, inoculées avec *Bacillus melolonthœ liquefaciens* β, nous avons vu qu'il subit une transformation très curieuse (formation de granules éosinophiles). Dans le sang normal de ces mêmes chenilles, on trouve de façon constante une proportion plus

ou moins élevée de phagocytes vrais avec granules éosinophiles intraprotoplasmiques.

Il existe enfin dans le sang des chenilles un quatrième type de cellules caractérisées par un gros noyau, une couche protoplasmique épaisse et peu basophile, et susceptibles, dans certains cas, d'englober les microbes inoculés. Ces éléments peuvent faire défaut; ils sembleraient dériver des autres types par hypertrophie du noyau et représenteraient ainsi un stade de dégénérescence, mais ils sont le siège de phénomènes karyokinétiques comme les autres éléments.

Quant aux *œnocytes* et aux cellules sphéruleuses, on les retrouve toujours dans le sang des chenilles. Après coloration au Giemsa, le protoplasme des œnocytes apparaît très granuleux; à l'état frais, cet aspect particulier n'existe pas. J'ai trouvé une fois, dans le sang d'une chenille de Piéride, un œnocyte à noyau en état de mitose (prophase), et plusieurs fois, des œnocytes binuclées. Ainsi, au moins chez les chenilles de *Pieris brassicæ*, les œnocytes peuvent se multiplier par karyokinèse comme les autres éléments du sang.

Nous proposons le nom de *micronucléocyte* pour les éléments à petit noyau, à protoplasme peu basophile et souvent vacuolaire; ces éléments sont les seuls du sang doués de façon constante du pouvoir d'englober les microbes. Lorsqu'ils renferment des granulations éosinophiles, nous les désignons sous le nom de *micronucléocytes à grains éosinophiles*. Nous nommerons *macronucléocytes* les phagocytes et proleucocytes de Hollande, ainsi que les éléments à gros noyau et protoplasme peu basophile. Les premiers seront les *macronucléocytes fusiformes;* les proleucocytes, les *petits macronucléocytes;* les autres, les *grands macronucléocytes*. Nous conserverons aux autres catégories d'éléments les noms de *cellules sphéruleuses* et d'*œnocytes*.

Nous pensons, avec Cuénot et les auteurs plus récents, que le renouvellement et la multiplication des éléments du sang se fait par division karyokynétique et non par fonctionnement d'un organe globuligène.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.